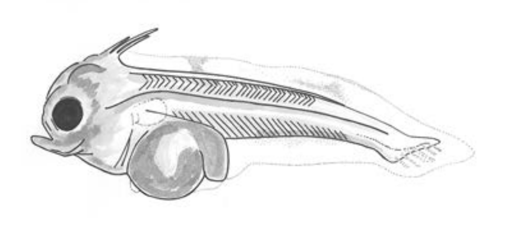
EL CULTIVO DEL LENGUADO
Paralichthys orbignyanus



Martin Bessonart - María Salhi



Catalogación en la publicación: Lic. Aída Sogaray –
Centro de Documentación y Biblioteca de la
Dirección Nacional de Recursos Acuáticos.

ISSN (vers. electr.): 978-9974-594-39-5

Ilustraciones: HIroyuki Kinoshita

Cita bibliográfica:

Bessonart, M.; Salhi, M. 2018. El cultivo del lenguado *Paralichthys orbignyanus*. Montevideo, MGAP-DINARA, 48 pp.

Bessonart, Martín et al.
El cultivo del lenguado *Paralichthys orbignyanus* / Martín Bessonart y María Salhi. – Montevideo : MGAP-DINARA, 2018.
48 p.

ISBN (vers. electr.): 978-9974-594-39-5

/PISCICULTURA/ /ACUICULTURA/ /LENGUADO/ /PARALICHTHYS ORBIGNYANUS// /URUGUAY/

AGRIS E20 CDD 639.3



INDICE

Acerca del alcance del documento

El presente documento esta basado en el trabajo de varios años en la Estación Experimental de Investigaciones Marinas y Acuicultura (EEIMA) de la DINARA en Cabo Polonio, desarrollando una tecnología nacional para el cultivo de peces planos en Uruguay, basado en el lenguado *Paralichthys orbignyanus.*

Las investigaciones llevadas adelante han sido parte del Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura de la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (DINARA - MGAP) y han tenido lugar con la colaboración de distintos actores que van desde la FAO a través del Proyecto FAO UTF URU 025 URU “Gestión Pesquera en Uruguay” hasta la agencia de cooperación japonesa OFCF (Overseas Fisheries Cooperation Foundation) pasando por la Universidad de la República, la Agencia Nacional de Innovación e Investigación (ANII) y la Corporación Nacional para el Desarrollo (CND), quienes en mayor o menor medida han colaborado en este proceso.

EL objetivo del mismo es proporcionar una guía o manual de cultivo para la especie en cuestión, en la que se recogen los principales avances alcanzados en la Estación Experimental de Investigaciones Marinas y Acuicultura – DINARA Cabo Polonio, así como información actualizada del conocimiento sobre el cultivo de la especie generado en la región.

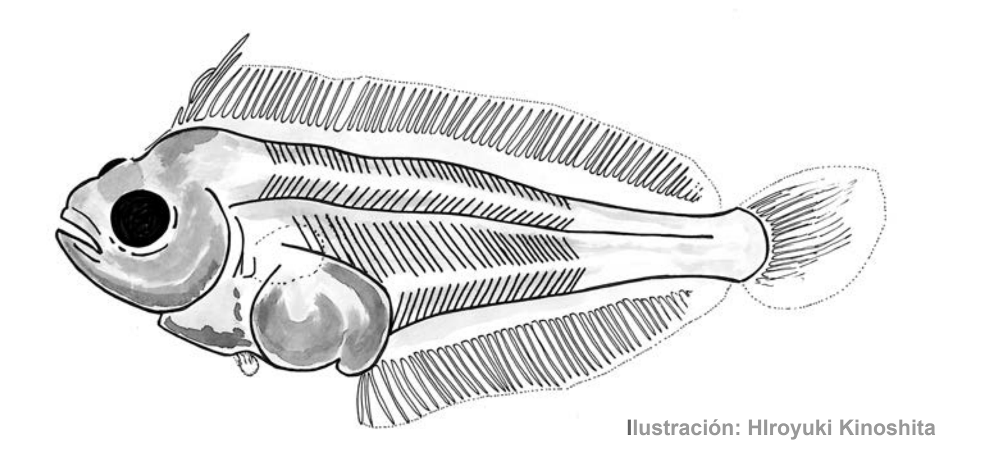


Ilustración: HIroyuki Kinoshita

I INTRODUCCIÓN

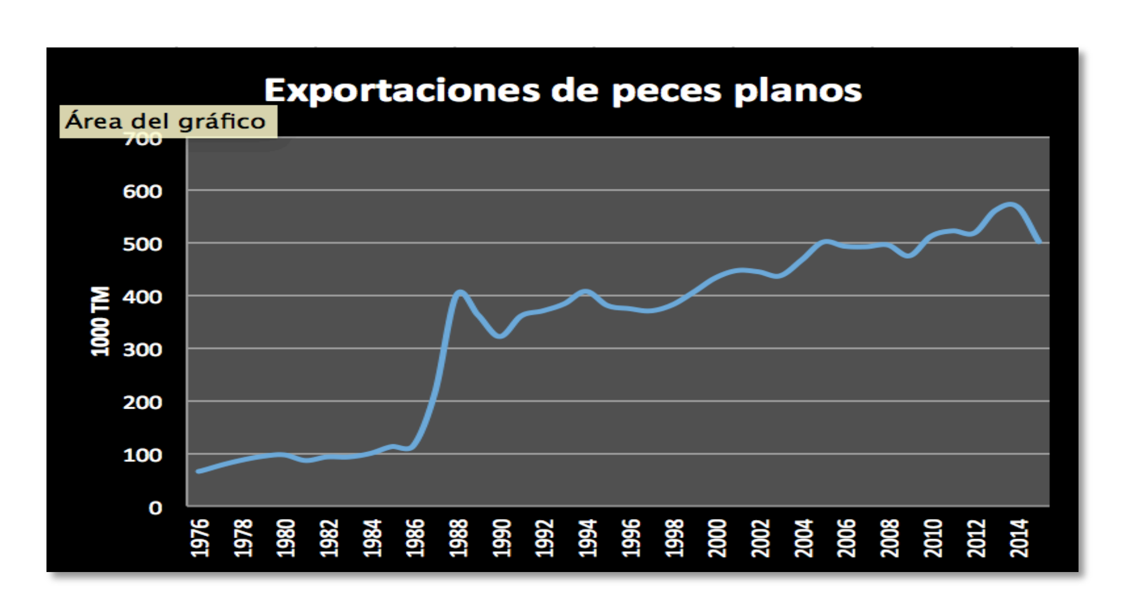
i Los peces planos y la acuicultura a nivel mundial

La acuicultura es el sector de más rápido crecimiento en la producción mundial de alimentos y desde hace cuatro años ha superado el aporte de las pesquerías como la principal fuente de productos de origen marino para consumo humano, lo que significa que cada vez más nuestros productos del mar se cultivarán. A pesar de ello, esta realidad sigue siendo sorprendentemente desconocida para muchos fuera de la industria acuícola.

En 2016 la producción total de pescado llegó a un máximo histórico de 171 millones de toneladas, de las que el 88% fueron utilizadas directamente para el consumo humano. Ante una relativa estabilidad de la pesca extractiva este importante logro se alcanzó basado en el importante incremento de la acuicultura y el uso racional de lo extraído. A su vez en 2016 también se superaron los 20 kg por persona de consumo de pescado.

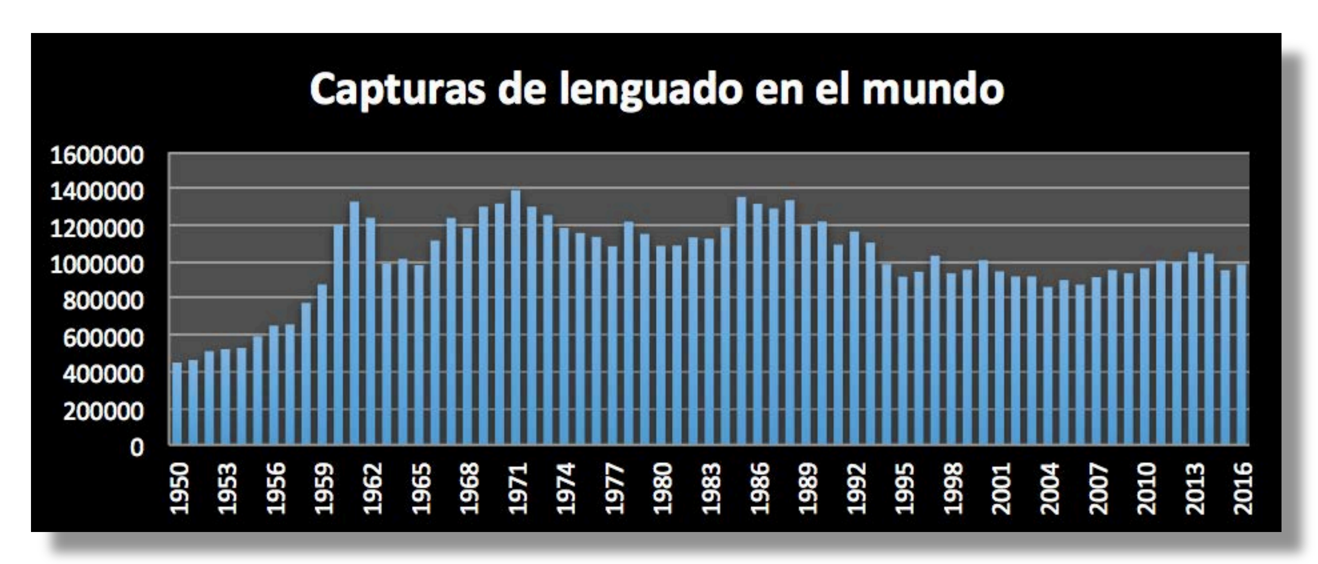
Desde la década del 60 a la fecha el crecimiento anual mundial del consumo de pescado ha duplicado el crecimiento demográfico, poniendo de manifiesto el aporte fundamental de la acuicultura para sustentar la población a nivel mundial.

Esto se ha constituido a su vez en una oportunidad para los países en desarrollo que en 2017 aportaron el 54% de las exportaciones mundiales de pescado, por un valor aproximado de US$ 82.000 millones.

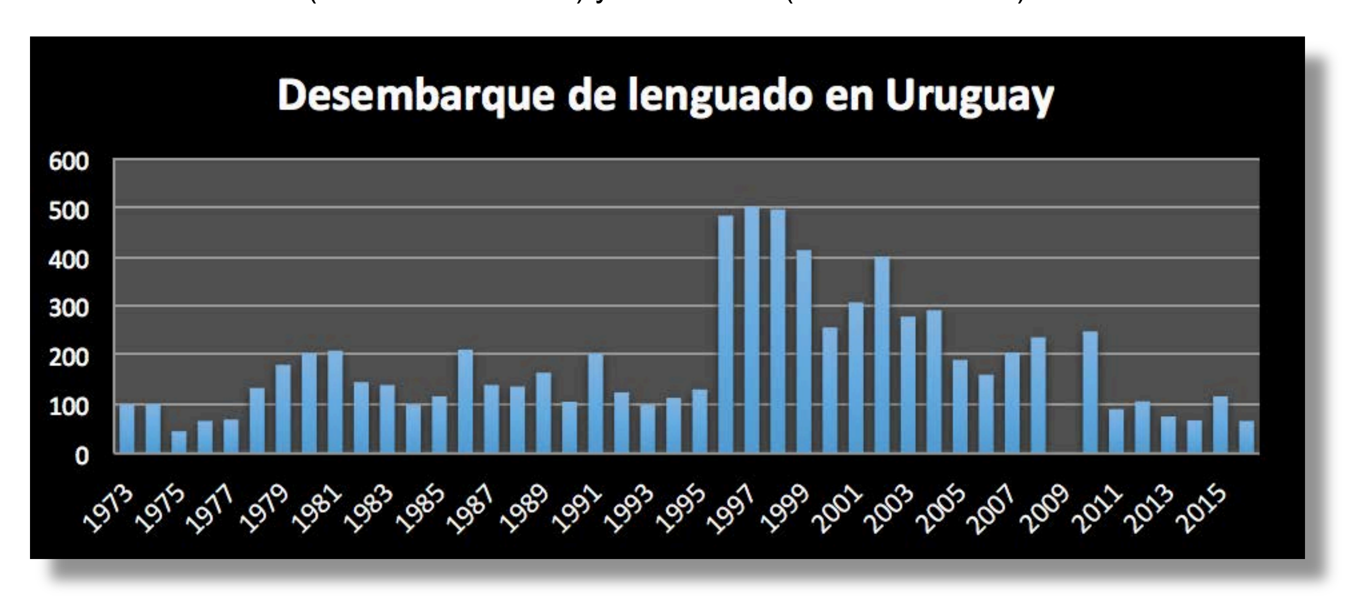


Dentro de ese mercado mundial, los peces planos en general son muy apreciados por la calidad de su carne y constituyen una fracción importante de la pesca costera en todas las regiones del globo. La captura total de lenguados a nivel mundial ronda el millón de toneladas al año.

El comercio internacional de peces planos involucra en términos de exportaciones (sin considerar los desembarcos internos de cada país) unos 2.000 millones de dólares al año, equivalente a unas 500.000 TM. Uruguay participó de forma marginal en ese mercado en la década de los 90, pero los desembarques de lenguado en el país se destinan en la actualidad casi en su totalidad al consumo interno.



Las capturas de peces planos a nivel mundial se sitúan en torno al millón de TM, siendo EEUU el país con mayor participación en el año 2016 (268 mil TM 27.6%) seguido por la Federación Rusa (125 mil TM 12.7%) y Dinamarca (76 mil TM 7.8%).



A nivel nacional, en Uruguay se desembarcan en torno a las 100 TM anuales, aunque

en la década de los 90 se alcanzaron más de una vez las 500 TM/año. Argentina y Brasil desembarcaron en 2016 4.650 TM y 2.550 (F) TM respectivamente.

En lo que respecta a la acuicultura la producción mundial de peces planos ronda las 200 mil TM por año y los principales productores de peces planos a nivel mundial en 2016 fueron China (131.389 TM, 69%) Corea (43.357 TM 23%) y la península Ibérica (6%).

El cultivo de peces planos comenzó en la década de los 70 en Reino Unido y Portugal, con una producción de unas pocas toneladas de lenguado común que se mantiene hasta el día de hoy. Pero es a principios de los años 80 cuando en Japón se comenzó desarrollar el cultivo del hirame (*Paralichthys olivaceus*) superando el cuello de botella de la alimentación en las primeras etapas de vida, a partir de que alcanzaron la producción masiva de alimento vivo (rotíferos) para alimentar las larvas. El cultivo que comenzó con unas 660 TM al año hoy alcanza entre Corea y Japón casi 50.000 TM, la cuarta parte de la producción mundial de peces planos, lo que da una pauta de la presencia que los lenguados de este género tienen en la acuicultura.

ii *Paralichthys orbignyanus* y la acuicultura

A partir del importante desarrollo del cultivo del hirame o lenguado japonés (*Paralichthys olivaceus*) comienzan a cultivarse o al menos a evaluar la potencialidad del cultivo de otras ocho especies del género, tres de ellas en Latinoamérica, *P. californicus* (México), *P. Adspersus* (Chile y Perú) y *P. orbignyanus* en el Atlántico Sur.



A partir de la década del 2000 se llevan adelante en Uruguay, Argentina y Brasil importantes esfuerzos de investigación sobre la biología de cultivo de *P. orbignyanus.*

Mientras que los esfuerzos de los investigadores brasileros se centran en la reproducción, los aspectos sanitarios y control de enfermedades y en los efectos de las variaciones de salinidad y pH en el desarrollo, los argentinos se centran en la tecnología de cultivo en sistema de recirculación basados en la alimentación del lenguado japonés. Uruguay realiza aportes en el área de reproducción, alimentación y nutrición, el desarrollo de raciones con insumos regionales y el del engorde en aguas salobres.

iii La especie y su potencial

En aguas del Atlántico Suroccidental se encuentran tres especies de lenguados del género *Paralichthys: P. orbignyanus, P. isosceles y P. patagonicus* (Díaz de Astarloa y Munroe 1998). De las tres, la que más se adentra en los estuarios y cursos de agua casi dulce es *P. orbignyanus*, resultando común encontrarlo en las lagunas costeras y desembocaduras de los arroyos (Sampaio y Bianchini 2002).

Estos lenguados son muy apreciados a nivel local, contándose entre los principales peces consumidos en los restaurantes, con una fuerte demanda asociada al turismo. Usualmente los tripulantes de los pesqueros son las especies que desembarcan dentro de su cuota personal (”valija”) por la buena colocación y los precios obtenidos en el mercado local.

Paralichthys orbignyanus es un pez de cuerpo oblongo, con importante desarrollo en altura y comprimido dorsoventralmente. La cabeza es pequeña, cabe una cuatro veces en la longitud total del cuerpo y posee ambos ojos en la superficie izquierda u ocular, quedando la cara derecha ciega y sin pigmentación, ya que es la superficie que utiliza para apoyarse en el fondo. El lado ocular, normalmente pigmentado varía desde un color arena hasta un marrón verdoso según el sustrato donde se ubique el animal.

Este lenguado es un pez marino que se reproduce en el mar y utiliza ambientes estuarinos como las lagunas costeras, como áreas de cría donde engordan los reproductores y se desarrollan los juveniles durante el primer año de vida, encontrándose muchas veces en salinidades inferiores a 1ppm.

Acostumbrados a la vida en los estuarios, presentan una fuerte capacidad de resistir cambios en el ambiente, tolerando un amplio rango de temperaturas, así como importantes variaciones de salinidad y pH (Wasielesky et al., 1995, 1997)

Esta adaptación a la vida de los estuarios, hace de *P. orbignyanus* una especie particularmente interesante para la acuicultura por las posibilidades de realizar su cultivo en medios alternativos al mar con costos inferiores y grandes posibilidades de optimizar el rendimiento de su cultivo.

Desde el punto de vista de sus requerimientos nutricionales, también presentan otra importante ventaja potencial; las cadenas tróficas de los ambientes estuarinos difieren sensiblemente de las del medio marino y consecuentemente los requerimientos nutricionales para desarrollarse en estos sitios, los que eventualmente pueden cubrirse

con insumos de origen terrestre, sensiblemente más económicos.

A pesar de ello, en casi la totalidad de las acuiculturas de este género a lo largo del mundo se los cría en agua salada utilizando raciones diseñadas para ambientes marinos, costosas y poco eficientes.

Recientemente hemos alcanzado en el cultivo de esta especie a bajas salinidades, muy buenos resultados de crecimiento con importantes reducciones en la utilización de aceites de pescado de origen marino, sustituidos por aceites de origen vegetal.

iv Las características del cultivo

Los antecedentes del cultivo de este género de lenguado alrededor del mundo son profusos y en términos generales se suelen separar las actividades productivas en dos partes bien diferenciadas que incluso normalmente son llevadas a cabo por empresas independientes desde el punto de vista comercial. Por un lado empresas que se dedican a la reproducción y desarrollo larvario para producir alevines para la venta, conocidas como “hatcheries” y por otra parte las empresas que se dedican la fase de engorde, que producen el producto final que va al consumidor. Estas últimas normalmente adquieren alevines (5 a 10 gr) y llevan adelante un pre engorde (hasta 100 gr) y el engorde hasta el tamaño comercial.



II REPRODUCCIÓN

i Infraestructura y equipamiento

El éxito de la reproducción de animales bajo régimen de cultivo depende de que los reproductores se encuentren perfectamente adaptados a la vida en cautividad, bien alimentados y en condiciones que minimicen lo máximo posible el estrés.

Las instalaciones juegan un rol importante para lograr un ambiente adecuado en el que los peces no se estresen y lleguen a reproducirse naturalmente.

Los reproductores se acondicionan en tanques de fondo plano, con poca luz ambiente, con un mínimo de 60 cm de altura de agua, aunque en Uruguay se trabaja hasta con 1,5m de altura de agua, logrando generar el ambiente propicio para la reproducción de forma natural (Bessonart & Salhi, 2010). La forma de los tanques es rectangular de cemento de 2 m por 3 m con 1,5m de profundidad. Los tanques de reproducción han de tener salida de agua por el fondo y también por superficie, que es la que se usará para colectar los huevos en un recoge-huevos equipado con malla de 500 micras.

ii Obtención y manejo de reproductores

Aspectos técnicos del manejo

La forma de capturar los reproductores incidirá directamente en las posibilidades de supervivencia y adaptación de los mismos.

Los reproductores pueden ser obtenidos en el mar o en lagunas costeras y arroyos de aguas salobres comunicados con el mismo.

La captura en el mar tiene lugar mediante la utilización de redes de arrastre e implica acondicionar en la cubierta del barco tanques con circulación de agua para su posterior transporte a las instalaciones en tierra. Este método, si bien ha dado buen resultado para *P. orbignyanus* (a diferencia de *P. patagonicus* que generalmente muere a las pocas horas de capturado) resulta más complejo desde el punto de vista logístico ya que además del transporte por mar está el transporte terrestre desde el puerto hasta las

instalaciones de cultivo o el transbordo de los ejemplares a una embarcación auxiliar en el mar para su posterior desembarco. Por estas razones, además de los costos operativos mayores, se ha utilizado muy ocasionalmente.

La captura en zonas costeras cercanas al sitio donde se van a instalar los reproductores tiene la ventaja, además de los bajos costos, de minimizar el estrés producido por el transporte. En la costa se obtienen de dos formas. Una mediante lances de red de malla pequeña donde quedan atrapados (no “enmallados”). La otra, que se practica sobre todo en las lagunas y arroyos, se basa en la utilización de redes de calada de malla 22 (once cm entre nudo y nudo), en general se cala al anochecer y se recoge por la mañana temprano. Los peces quedan enmallados a la altura de las agallas, pero permanecen vivos y por lo general no sufren heridas importantes más allá de algún “raspón” producido por la red.

El transporte puede hacerse en tanques específicamente diseñados a tales efectos o en tanques comunes o tarrinas, cerrados y llenos de agua hasta la tapa (para impedir que esta salte y los peces se golpeen), con abundante aireación o en cajas sin agua, a la sombra y manteniendo la humedad de los peces con paños mojados.

Una vez en las instalaciones de cultivo los peces son sometidos a un baño de formol (100 ppm) durante una hora para deshacerse de los parásitos externos. Luego son anestesiados, revisados por posibles heridas o ectoparásitos que permanezcan adheridos, pesados, medidos, sexados y marcados.

Para manejarlos con el mínimo estrés se pueden utilizar diferentes anestésicos: Benzocaína (50 ppm), Eugenol (aceite de clavo), Metanosulfonato o MS 222 (120 ppm) (Sladky et al., 2001; Ross & Ross, 2008).

Dada su particular conformación con ambos ojos en la misma cara y su costumbre de acostarse sobre la cara ciega, los ojos están ligeramente proyectados sobre el rostro, lo que hace que sean fácilmente enganchables al manejarlos con un salabre. Se ha de poner particular cuidado en este punto para evitar dañárselos.

Aún estando sedados o anestesiados los ejemplares deben manejarse con cuidado y sin movimientos bruscos, procurando sujetarlos con una mano bajo las agallas y la otra en torno a la cola, evitando apoyarlos sobre la cara dorsal. Si estando sedados o anestesiados comienzan a dar muestras de incomodidad se los puede tranquilizar tapándoles los ojos con un paño húmedo. Una vez en las dependencias de cultivo los reproductores o futuros reproductores se acondicionan en tanques con poca luz.

Alimentación y aspectos nutricionales

Los reproductores se alimentan a saciedad tres veces a la semana. Siempre se utiliza alimento fresco (se evita usar ración balanceada). La alimentación cambia según la época del año, basada en las investigaciones llevadas adelante acerca de las variaciones de su dieta en la naturaleza (Magnone, et al., 2015a y b), asociada a los cambios de ambiente y el momento del ciclo reproductivo (Gadea, et al., 2015).

Para lograr que los reproductores se acostumbren a alimentarse en cautividad es necesario un trabajo de adaptación. El mismo comienza ofreciéndoles presas vivas, en general juveniles de pejerrey (*Odonthestes sp*) o lisa (*Mugil sp*). También se han ensayado otras presas como lachas (*Brevortia aurea*) o pampanitos (*Trachinotus sp*) pero con menor aceptación, en particular en el caso de las lachas, las capturan pero las rechazan, probablemente debido a las espinas que tiene en la parte inferior, que protruyen en forma de quilla. Luego de este período se comienza a ofrecerles peces ya muertos suspendidos con un delgado hilo, a través del cual se logra hacerlos imitar los movimientos de un pez vivo, luego directamente se le ofrecen los peces (muertos) o filetes troceados en tiras de unos 15 cm. Con el tiempo los lenguados se van acostumbrando a los horarios de alimentación (en general al atardecer) hasta que llega un punto en que ingieren casi todo lo que se les ofrece y suben a la superficie a por su presa al acercarse la persona que los alimenta. Se ha ensayado llevarlos hasta alimentarlos a ración seca y también se adaptan a ella, pero por un tema de calidad nutricional, a los reproductores es preferible mantenerlos con alimento fresco. El tiempo que implica todo este período de adaptación a la alimentación en cautividad, se reduce drásticamente cuando se incorporan nuevos individuos a un plantel que ya está aclimatado. Algo similar aparentemente ocurre con la maduración gonadal en cautividad. Si se alcanza una buena alimentación, los lenguados maduran a velocidad similar a aquellos que están en la naturaleza.

En los meses que están fuera de la estación reproductiva, que van de abril a mitad de septiembre u octubre, en su ambiente natural el lenguado ingresa en los cuerpos de agua salobre (arroyos y lagunas). Emulando la alimentación que allí ingiere, en cautividad, se los alimenta principalmente con pejerrey (*Odontesthes* sp) capturado en las lagunas costeras. Durante los meses en que se encuentra activo desde el punto de vista reproductivo, que coinciden con los meses en los que retorna al mar para

reproducirse (mitad de setiembre a marzo), se los alimenta con pescado blanco de origen marino, de valores altos de n3-HUFA, en general merluza y se complementa con calamar y eventualmente algún molusco bivalvo (mejillones, vieiras). Este régimen de alimentación nos permite garantizar que disponen de los nutrientes necesarios como para madurar las gónadas correctamente y obtener así puestas naturales.

Las puestas naturales que se están obteniendo en cautividad tienen lugar entre los meses de noviembre y marzo.

iii Reproducción

A diferencia de otras especies del mismo género, las hembras de *P. orbignyanus* tienen ovarios relativamente pequeños que se desarrollan algunos centímetros hacia la región caudal del cuerpo, lo que dificulta su observación a simple vista por cambios en la morfología corporal, salvo que ya se encuentren en la fase final de la maduración. Son desovantes parciales (desove fraccionado), que involucra la presencia de oocitos en diferentes estados de desarrollo durante la mayor parte de la época reproductiva (Féola, 2009), lo que hace aún menos notable el incremento de tamaño de la gónada durante la estación reproductiva.

La puesta está muy relacionada a la temperatura del agua y por ello su duración varía con la latitud. En la costa brasilera desovan entre los meses de setiembre y abril (Silveira et al., 1995), mientras en la zona sur de la provincia de Buenos Aires en la costa Argentina la puesta ocurre entre noviembre y febrero. En Uruguay acontece entre fines de octubre y marzo (Féola, 2009; Gadea, 2011, Gadea et al., 2015).

La primera madurez se da en las hembras en torno a los 38 cm, siendo menor para los machos (se han observado machos de menos de 30 cm de LT espermeando).

El tamaño de los oocitos maduros alcanza un diámetro mayor a 450 µm (Silveira, 1995; Féola, 2009). No presenta dimorfismo sexual marcado, salvo durante el proceso de maduración sexual cuando la hembra muestra un vientre abultado, identificable con relativa facilidad y los machos presencia de semen al ser manipulados. Además, existe una importante diferencia en el crecimiento según el sexo, alcanzando las hembras un mayor tamaño que los machos.

iv Obtención de la puesta

Las puestas pueden obtenerse de forma natural o induciendo hormonalmente la ovulación a hembras maduras. La calidad de la puesta varía mucho según el desove sea inducido y la fecundación artificial o la puesta natural, al punto que mientras al mes de nacidas las larvas de puesta natural alcanzan supervivencias del 50 %, las larvas de puesta inducida no alcanzan el 8% (Sampaio et al., 2003).

v Puestas naturales

Para algunos *Paralichthys* la obtención de las puestas naturales implica al menos un año de cautividad (Smith et al., 2009), lo mismo ocurre con *P. orbignyanus* del que se han obtenido puestas naturales tanto en Argentina (Bambill, 2006) como en Uruguay (Bessonart, 2010) luego del segundo año de cautiverio de los reproductores. En las instalaciones de Cabo Polonio, se ha logrado mantener un stock reproductor activo, con puestas naturales desde el 2010 a la fecha.

Durante el año los reproductores se mantienen con agua de mar en circuito abierto, separados por sexos para evitar puestas antes del momento previsto, las hembras en tanques cuadrados de cemento de 4000 l y los machos en tanques de fibra de 2000 l. En Cabo Polonio también hemos ensayado mantenerlos juntos todo el año en tanques de fibra de 10.000 y cuando comienza la época de puestas comienzan a reproducirse naturalmente.

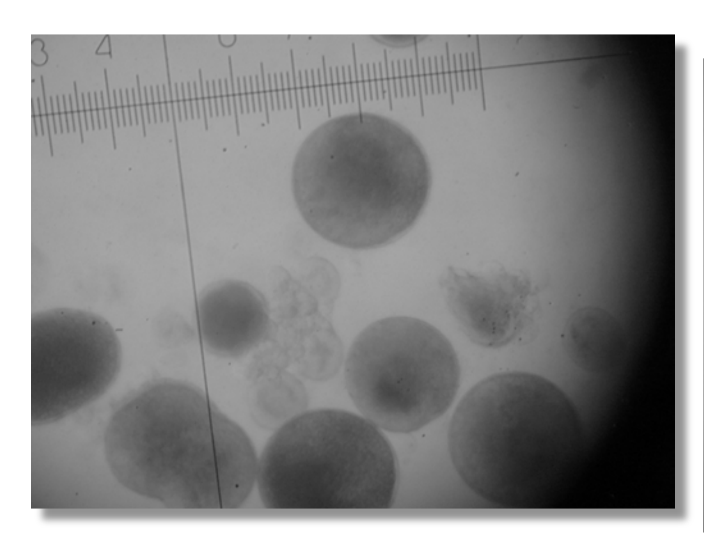
Entre dos y cuatro semanas antes de que comience la estación reproductiva, machos y hembras se disponen en el mismo tanque a fin de estimular la maduración final y aprovechar desde el principio la temporada de puestas.

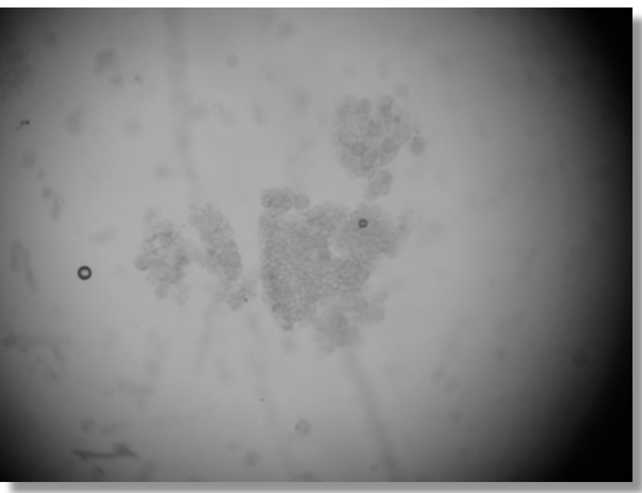
Las hembras para reproducción se seleccionan de dos maneras. En ambos casos los individuos son sedados previo a su manejo. La más sencilla, pero menos precisa es observar la expansión de la cavidad visceral producida por la gónada. Para evitar confundirse con abultamientos producidos por alimento en el sistema digestivo, la evaluación se realiza luego de un día de ayuno. Eventualmente en hembras pequeñas también se puede mirar a trasluz utilizando una fuente de luz potente, apoyando la hembra sobre una superficie transparente (un vidrio enmarcado es ideal, pero si los

animales no están bien sedados lo pueden partir de un golpe con la aleta caudal).



La otra forma es analizar el estado de madurez a partir del diámetro de los oocitos. Para ello se realiza una punción de la gónada con una aguja 16G, mediante la cual se extraen ovocitos con distinto estado de agregación y de tamaño. Las hembras están maduras cuando se observan oocitos desagregados, esféricos, opacos, con más de 500 μm de diámetro. Este método es bien preciso, pero más traumático al ser invasivo, de cualquier manera si se realiza con cuidado no produce traumas mayores que afecten la calidad de la puesta.



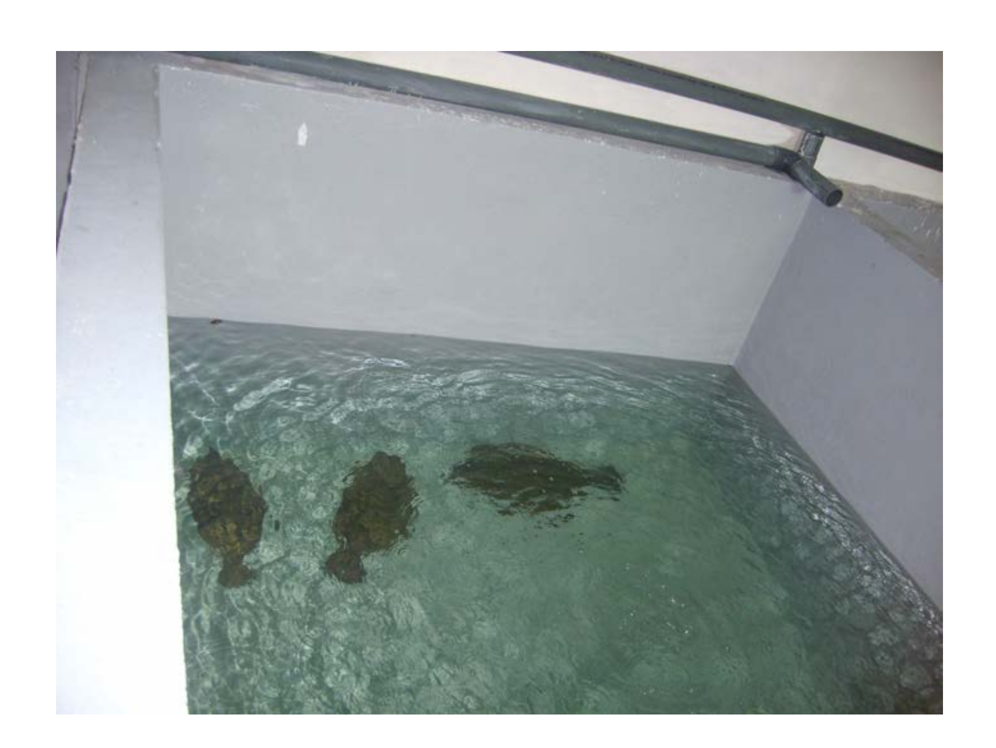


Durante el período reproductivo, se acondicionan machos y hembras en los tanques de reproducción, en relación 1/0,7, 2/1 o 4/3 M:H.

En Argentina la reproducción se realizó en tanques circulares de 5m de diámetro y 80cm de profundidad, con una relación macho/hembra 1/0,7. Las puestas naturales se obtuvieron manipulando fotoperíodo y temperatura, trabajando con sistema de

recirculación (Bambill et al., 2006).

En Uruguay las puestas naturales se obtienen en tanques de 9000 l (3 x 2 x 1,5h) donde se disponen 4 machos y 3 hembras, sin manipulación ni del fotoperíodo ni de la temperatura. El agua ingresa a media profundidad, facilitando la circulación y se evacúa por superficie a través de un caño de 75mm instalado en la parte superior del tanque. El desagüe desemboca en un recoge-huevos provisto de mallas de 500 µm.



Se trabaja con circuito abierto y con entre 4 y 6 renovaciones diarias. La circulación de agua es continua durante el día y se interrumpe por la noche para evitar que los huevos se hacinen en los recoge-huevos y se vean sometidos a un estrés mecánico por el flujo de agua. Las puestas en general tienen lugar por la noche en el fondo del tanque, pero los huevos pasan rápidamente a la columna de agua. Luego de fecundados los huevos viables flotan, por lo que permanecen en la superficie, suavemente mecidos por una aireación abundante pero no fuerte. Por la mañana se reanuda la circulación se juntan los huevos en el recoge huevos siempre con corrientes de agua suaves.

Para los casos de estudio de calidad de puesta la circulación de agua se abre completamente, entrando al tanque a media altura con el flujo dirigido hacia el fondo, de esa manera se colectan tanto los huevos fecundados como no fecundados y entre los fecundados tanto viables como no viables, a los efectos de calcular posteriormente los índices correspondientes.

vi Puesta inducida y fecundación artificial

Para aquellos casos en que no se logre obtener las puestas naturales, las mismas se pueden inducir hormonalmente, siempre que se cuente con las hembras maduras para ello. Si pasado el plazo correspondiente la puesta no se da de forma natural a pesar de haber la hembra hidratado los oocitos, se puede proceder a la obtención de los gametos mediante masaje abdominal y la posterior fecundación artificial. De todos modos recordar que siempre las puestas naturales resultan superiores en cantidad de huevos y calidad de la puesta.

Para la obtención de puesta por fecundación artificial se seleccionan las hembras maduras y se verifica la presencia de oocitos maduros de acuerdo al procedimiento que hemos descrito. A continuación se les suministra la hormona que horas más tarde hará que la hembra hidrate los oocitos y se encuentre en condiciones de que se puedan obtener los mismos mediante masaje abdominal. Existe una relación inversamente proporcional entre la cantidad de hormona que se utiliza y la taza de fertilización y de eclosión (Robaldo, 2003)

La hormona utilizada es Gonadatrofiana Coriónica Humana (GCH) y el suministro se hace mediante una inyección intramuscular en la zona dorsal del pez. Se les suministran hasta 1000 UI de hormona por Kg a las hembras y a los machos se les pueden suministrar hasta 200 UI por Kg, pero normalmente no es necesario.

La hormona viene liofilizada por lo que es necesario hidratarla para su uso. Una vez hidratada lo que no se usa no se puede conservar, por lo que es importante adquirirla fraccionada en ampollas pequeñas.

El tiempo transcurrido desde que se suministra la hormona hasta que la hembra se encuentra en condiciones para la extracción de los ovocitos varía en función de la temperatura del agua y del estado de la hembra. En Uruguay trabajando a 24ºC de temperatura de agua la hembra ha hidratado los ovocitos a las 36 h.

La extracción de los ovocitos se realiza en el momento en que la hembra ya los ha hidratado y la observamos con una gran hinchazón en la zona de la gónada así como la dilatación del poro genital. Se toma la hembra totalmente anestesiada y se la sostiene con la mano derecha por debajo de la cabeza introduciendo el pulgar por el opérculo, la aleta dorsal del pez hacia el pecho y la mano izquierda que sostiene también al pez por

detrás de las pélvicas, se masajea suavemente, desde atrás hacia adelante, la gónada, pasando el pulgar por la cara dorsal del pez y los otros cuatro dedos por la ventral, mientras se procura que el masaje acompañe los ovocitos hidratados hacia el poro genital.

Los huevos (ovocitos) se colectan en un recipiente plástico circular, bien seco, donde serán fecundados vertiendo con una jeringa el semen que previamente se obtuvo de los machos.

La obtención del semen de los machos implica un tratamiento similar al que se hace con la hembra para la obtención de los gametos, pero en este caso el semen se colecta con una jeringa de 1 ml, sin aguja, procurando que no entre en contacto por el agua de mar.

Los gametos femeninos salen por la cara ventral del pez, mientras que el esperma sale por la cara dorsal. Conviene tomar primero los gametos del macho y reservarlo en la jeringa hasta que llegue el momento de utilizarlo en la fecundación de los huevos.

Previo a la fertilización los espermatozoides se activan con un poco de agua de mar, se colocan por encima de la masa de huevos, se los homogeiniza muy suavemente (por ello es importante que el recipiente en que se colectan los ovocitos sea redondeado).

Se dejan reposar los huevos unos 10 minutos y luego se los pasa a una probeta de 2000ml que se rellena con agua de mar y luego de dejarlos reposar un par de minutos se calcula la cantidad de huevos fecundados (los que flotan) y se procede a sembrarlos en un tanque de incubación.

vii Manejo de la puesta

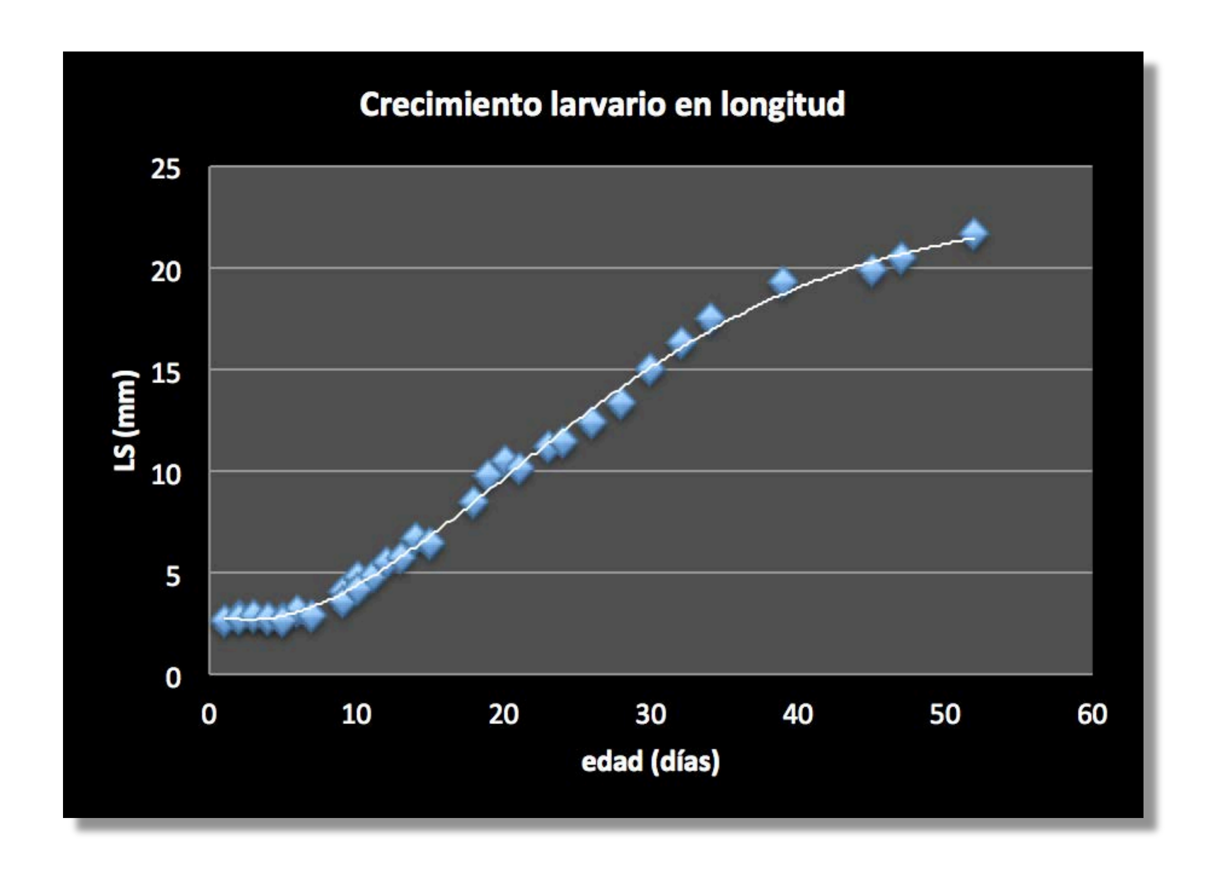
Una vez recogidos, los huevos fecundados se pasan a una probeta donde decantan los huevos no viables en tanto se agrupan en la parte superior los huevos viables. Por volumetría se estima la cantidad total, aproximadamente un millón de huevos por litro y se separan algunos huevos para medir si se desea controlar la evolución de las puestas.

Los huevos una vez contados y medidos se siembran en los tanques de incubación a una densidad de 100 a 120 huevos/l, donde se mantienen hasta el momento de la eclosión con circuito cerrado y una suave corriente de aire que evita que los mismos queden estacionados todos juntos en un mismo lugar.

Los tanques de incubación son de fibra de vidrio, grises, troncocónicos de 500 l, con posibilidad de desaguar por el fondo arrastrando luego de la eclosión todos los restos, mientras la larva se mantiene en la columna de agua. Durante dos temporadas en Cabo Polonio ensayamos realizar la incubación con tanques circulares de policarbonato transparente y fondo ligeramente cóncavo. Si bien esos tanques funcionaron muy bien para el desarrollo larvario, los tanques de eclosión de fondo troncocónico resultaron siempre en mejores supervivencias, debido probablemente a que permiten una mejor remoción de los restos de huevos de los fondos luego de la eclosión, manteniendo mejor los parámetros de calidad de agua.

El tiempo de incubación varía según la temperatura del agua. En Uruguay trabajando con 24ºC el tiempo desde la fecundación a la primera división es de 45 min, la blástula tiene lugar a las 3:05 h, la gastrulación en torno a las 12 h, la eclosión llega a las 35 h (Kinoshita et al., 2009).

La cantidad de huevos de las puestas varía, por varias razones, pero principalmente según el estado de la hembra, su tamaño y lo avanzado de la estación reproductiva, pero con hembras de 2 a 3 Kg es posible la obtención de puestas naturales de 500 a 800 mil huevos fecundados.



III LARVICULTURA y ALEVINAJE

i La larva





La larva de *P. orbignyanus* eclosiona con aprox 18.5 mm, pero a los dos días ya supera los 2,90 mm y crece rápidamente (más de 9% diario) durante los primeros 15 días, momento en que el crecimiento se torna más lento (en términos de LT) hasta superada la metamorfosis en torno al día 20 a 22 (Kinoshita, et al., 2009)

Para *Paralichthys olivaceus*, Kawamura et al (1997), establecen que el estadio larva flotante se caracteriza por la absorción del saco vitelino y de ser nadadora superficial. La larva premetamórfica presenta diferenciación de tracto digestivo y estómago, pasa de ser pre-pelágica (superficie) a nadadora en la columna de agua y a la vez que desarrolla los radios de la aleta caudal. El estadio metamórfico, hay flexión de notocorda, desarrollo aleta anal dorsal, comienzo de migración del ojo derecho y forma abdominal relacionada con el desarrollo del digestivo. El estadio postmetamórfico se considera cuando migra el ojo y se completa la formación de las aletas excepto las pectorales. Finalmente el estadio juvenil con migración completa del ojo y formación completa de la aleta pélvica. Para *P. orbignyanus* Lopez et al. (2009), trabajando a 18 ºC, observaron el estadio premetamórfico en el día 19 , el metamórfico en el 24 y la larva postmetamórfica, el día 29 después de la eclosión. Por otra parte en la Estación de Cabo Polonio, trabajando a 24ºC se observaron larvas premetamórficas a partir del día 9, metamórficas a partir del día 13, postmetamórficas, a partir del día 17, lo que se corresponde con una LT de 3.65mm, 4.76mm, 5.34mm y 7.24 respectivamente

(Kinoshita, et al., 2009).

La larva de *P. orbignyanus* consume sus reservas del saco vitelino al cuarto día de vida, pero ya entre el segundo y tercer día abre la boca.

ii El cultivo larvario

Para su cultivo se utiliza un sistema de agua verde, que implica la inclusión en el cultivo de microalgas, preferentemente *Nanocloropsys occullata* a una densidad de 5 x 10^5 células por litro (Sampaio et al., 2003). A partir del día 2 después de eclosionadas se les comienza a dar rotíferos y a medida que van creciendo se les suministran nauplios y metanauplios de Artemia antes de pasar a la fase de destete con microdietas a partir del día 30.

Los rotíferos son cultivados en levadura de pan con un poco de fitoplancton, pero a los efectos de cubrir los requerimientos nutricionales de las larvas son enriquecidos con emulsiones de aceites de pescado ricos en n-3HUFA durante 12 horas previo a ser suministrados a las larvas. Los metanauplios de Artemia se enriquecen de la misma manera.

En Uruguay con temperaturas entre 22 y 25 ºC en la EEIMA se desarrolló la siguiente tabla para el suministro de la alimentación a las larvas. De cualquier manera siempre es conveniente verificar periódicamente el nivel de desarrollo de las larvas para evitar desfasajes con la alimentación a consecuencia de cambios en la temperatura del agua del mar.

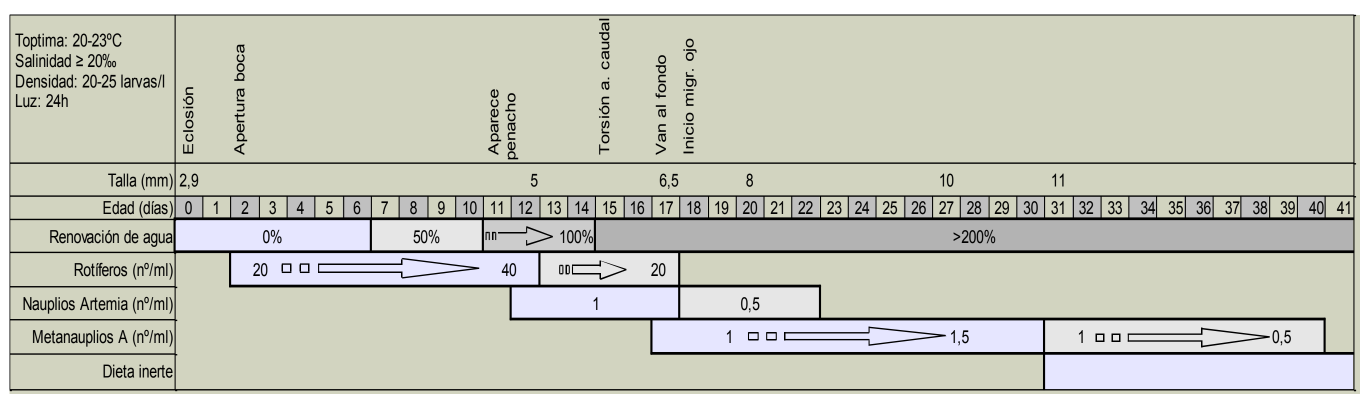


Tabla de alimentación de larvas de lenguado – EEIMA Cabo Polonio

iii Los cultivos auxiliares

Para acompañar la puesta y el desarrollo larvario es necesario disponer de fitoplancton y zooplancton de la calidad adecuada y en el momento adecuado para poder ir sumnistrándole a las larvas el alimento según sus necesidades.

Para ello es necesario el desarrollo con antelación a la puesta de los llamados cultivos auxiliares, pues de su disponibilidad en las cantidades y calidades adecuadas en los momentos oportunos dependerá el éxito o el fracaso de esta etapa, probablemente la más delicada de todo el cultivo.

Los cultivos auxiliares requieren de instalaciones específicas, tanto locativas como de infraestructura de cultivo y personal calificado para el desarrollo y manejo de los mismos.

Es muy aconsejable que los espacios en los que se desarrollan estos cultivos estén bien separados y aislados entre sí, evitando cualquier tipo de contaminación desde el exterior y entre ellos.

Mientras más pequeños los organismos, mayor el riesgo de contaminación por problemas de manipulación y peores las consecuencias para todo el sistema. Así, si un tanque de larvas pequeñas se contamina con quistes de Artemia y se desarrollan adultos de éstas, probablemente se pierda el tanque, mientras si el sistema de cultivo de fitoplancton se contamina en mitad de la temporada de puestas puede llegar a hacer caer todo el sistema).

Los sistemas de cultivo de fitoplancton

Son necesarios para mantener la calidad del agua de los tanques de cultivo larvario y para alimentar a los rotíferos, principal fuente de alimento de vivo de las larvas.

Se requiere de instalaciones en una habitación aislada con abundante luz, con suministro de agua de mar filtrada (80, 10, 5 y 1 um) y esterilizada con luz ultravioleta y preferentemente con control de temperatura ambiente.

Son los sistemas más sensibles a la contaminación, por lo que es importante mantener

la o las cepas aisladas y periódicamente hacer crecer nuevamente todo el cultivo a partir de las mismas, para asegurarnos la calidad del mismo.

Los sistemas de cultivo de fitoplancton requieren de recipientes transparentes (que permitan pasar la luz), que pueden ser en sacos (bolsas verticales) o tanques circulares de policarbonato.

Las microalgas más comúnmente utilizadas con esta finalidad son *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis suecica* e *Isochrysis galbana*. En la Estación de Cabo Polonio se conservan de forma rutinaria varias cepas de *Nannochloropsis*, con las que se lleva adelante todo el cultivo.

Los sistemas de cultivos de rotíferos

Los rotíferos *Brachionus plicatilis* constituyen el primer alimento vivo que se suministra a las larvas de lenguado y de su disponibilidad a lo largo de la época reproductiva de los peces depende en gran medida el éxito de la temporada de puestas.

Usualmente los cultivos masivos de rotíferos se desarrollan a continuación del escalamiento de los cultivos de fitoplancton, sufriendo también un escalamiento progresivo hasta alcanzar los niveles de producción que se necesitan para atender los cultivos larvarios. En el caso de la unidad de Cabo polonio se pueden llegar a requerir del orden de 50 a 100 millones de rotíferos diarios.

Los cultivos masivos se desarrollan en tanques de 500 l con abundante aireación y mientras que en la etapa de reposo se mantienen con fitoplancton, cuando se masifica su producción su crecimiento en general se basa en levadura de pan (*Saccharomyces cerevisiae.*

En la Estación de Cabo Polonio se dispone además de sistemas continuos de producción de rotíferos a partir de suministro continuo de fitoplancton con unidades capaces de producir unos 20 millones de rotíferos diarios, alimentados exclusivamente con microalgas.

Los sistemas de cultivo de artemia

La “artemia” (*Artemia franciscana*) es un crustáceo que junto con los rotíferos constituye el alimento vivo más utilizado en la acuicultura. A diferencia de los rotíferos, la artemia no se cultiva sino que se adquieren los quistes que deberán ser incubados para hacerlos eclosionar y aprovechar así los nauplios o metanauplios, según la etapa de desarrollo en que se encuentren las larvas de peces a alimentar. Los nauplios se suministrarán directamente, pero al igual que el rotífero los metanauplios de Artemia han de ser enriquecidos con emulsiones de aceites ricos en n-3 HUFA (en particular DHA) antes de ser suministrados a las larvas.

Para ello es necesario disponer en una habitación aislada del resto de los cultivos de tanques troncocónicos transparentes con desagüe en la parte inferior, provistos de calentadores, abundante aireación en el fondo e iluminación intensa.

Al igual que los demás cultivos auxiliares en importante que las instalaciones dispongan de un suministro de agua filtrada y de ser posible esterilizada con luz ultravioleta.

iv Avances en la nutrición larvaria y el desarrollo de alimento inerte

Actualmente la alimentación de larvas de *P. orbignyanus* se basa en el suministro de presas vivas (rotíferos y Artemia). Sin embargo, la manipulación de la calidad nutricional de este tipo de alimento es limitada, resultando en la producción de semilla de baja calidad (albinismo, malpigmentación, migración incompleta del ojo, deformaciones esqueléticas). En este sentido se han realizado varias experiencias para la evaluación del uso de microdietas experimentales para larvas de *P. orbignyanus*. (Salhi et al., 2009; 2010; Bessonart et al., 2011). En una primera experiencia se evaluó la sustitución parcial de rotíferos (50%) con microdieta en larvas de 8 días de edad. La supervivencia de las larvas alimentadas con microdieta fue significativamente inferior a la de aquellas alimentadas con presas vivas, en relación con el deterioro de la calidad de agua (valores menores de pH y OD) debido al exceso de microdieta no ingerida. Sin embargo no hubo diferencias en crecimiento, sugiriendo que las larvas ingieren y utilizan la microdieta. En un segundo ensayo se evaluó la sustitución total de alimento vivo con una microdieta en larvas de 13 días de edad. Tras 15 días de experimento se obtuvieron muy buenas tasas supervivencias en ambos tratamientos, confirmándose que las larvas a esta edad

son capaces de utilizar la microdieta. Sin embargo, el crecimiento fue significativamente inferior en las larvas alimentadas con microdieta, indicando que dicha dieta no cubre los requerimientos nutricionales de las larvas. El perfil de ácidos grasos de las larvas al final del ensayo fue significativamente diferente y resalta la importancia del ácido docosahexaenoico (DHA) para esta especie, así como una capacidad limitada de elongación y desaturación de este ácido graso a partir de ácido linolénico. En la tercera experiencia ensayamos dos microdietas con diferente relación DHA/EPA (ácido eicosapentaenoico) (1,6 y 2,2). Al final del ensayo ni la supervivencia ni la longitud total fueron significativamente diferentes, aunque las larvas alimentadas con la dieta más rica en DHA resultaron significativamente más altas (correspondiendo con una mayor anchura después de la metamorfosis). El perfil de ácidos grasos de las larvas al final del ensayo no fue significativamente diferente indicando un posible requerimiento de DHA superior al ensayado. De estos trabajos se concluye que las larvas de *P. orbignyanus* se pueden alimentar con estas microdietas experimentales, constituyendo las mismas una poderosa herramienta para el estudio de sus requerimientos nutricionales. Será preciso realizar ensayos con diferentes niveles de ácidos grasos altamente insaturados de la serie n-3 (n-3 HUFA) y niveles crecientes de DHA/EPA para determinar el óptimo requerido por esta especie. Por otra parte, es importante desarrollar dietas mejoradas mediante el estudio del uso de atractantes, hidrolizados de proteína, fuentes de proteína de alta calidad, composición y niveles de lípidos polares, entre otros.

v Algunas consideraciones prácticas

La obtención de buenos resultados durante la incubación, la eclosión y la fase en que la larva se alimenta de su vitelo dependerán fundamentalmente de dos factores, la calidad de la puesta y el manejo que hagamos de la misma, en términos de desinfección de los huevos y mantenimiento de la calidad del medio (buena calidad de agua y bajo estrés mecánico).

Luego durante el desarrollo existen dos momentos críticos que inevitablemente involucran mortalidades, el momento de la primera alimentación exógena, cuando la larva abre la boca comenzando a consumir presas vivas y el momento del pasaje al alimento inerte, también llamado “destete”, cuando ya culminando la metamorfosis abandona el alimento vivo, camino a convertirse en una alevín alimentado a ración.

El alimento vivo en el momento de la primera alimentación debe estar uniformemente

distribuido en los tanques de larvas y a una concentración que le permita a la larva enfrentarse a una presa casi de forma permanente. Una larva de lenguado hace hasta diez intentos de capturar un rotífero por minuto durante los primeros días tras la apertura de la boca. Si la concentración de las presas es baja y la larva no las encuentra o malogra sus intentos en poco tiempo se le consumirá la energía y morirá.

Desde la obtención de los huevos viables a la larva ya metamorfoseada en un alevín consumiendo alimento inerte, pasando por la incubación del huevo, la eclosión, la alimentación endógena y exógena, viva e inerte, es el período en que naturalmente se dan las mayores mortalidades. Por esta razón existe una etapa de **alevinaje** previo al pasaje a las etapas de engorde, de donde los alevines deberán salir clasificados por talla, saludables y bien nutridos (con buen índice corporal) ya en condiciones de ser trasladados a los sistemas de pre engorde y engorde.

vi Alevinaje

Alevinaje se le llama a la etapa en que esa larva ya completamente metamorfoseada toma la forma de un juvenil (terminan de aparecer los radios en algunas aletas) y es preparada una vez destetada y alcanzado un cierto grado de desarrollo corporal (peso) para ser transferida a los sistemas de engorde.

Normalmente el producto comercial que sale de las “hatcheries” son los alevines (no se suelen comercializar huevos ni larvas) y en la mayoría de las veces el engorde tiene lugar en otro sitio (a veces en otro país) a cargo de una empresa diferente de la que produce los alevines y que exclusivamente se dedica a las fases de engorde hasta la obtención del producto final para su comercialización.

Esa transferencia se suele hacer con un tamaño entre 5 y 10 gr según la especie y el sistema de producción.

El tiempo que tarda en obtenerse un alevín suele contabilizarse en días a partir de la eclosión o DAH por sus siglas en inglés.

El alevinaje hasta hace poco tiempo ha tenido lugar en sistemas de circulación abierta. Así por ejemplo se han utilizado para el alevinaje de lenguado japonés tanques circulares de fibra de vidrio cubiertos con malla para evitar la exposición directa a la luz solar. Sin embargo en los últimos años los sistemas cerrados de recirculación han ido cobrando importancia entre los cultivos de peces planos, más allá del mantenimiento de

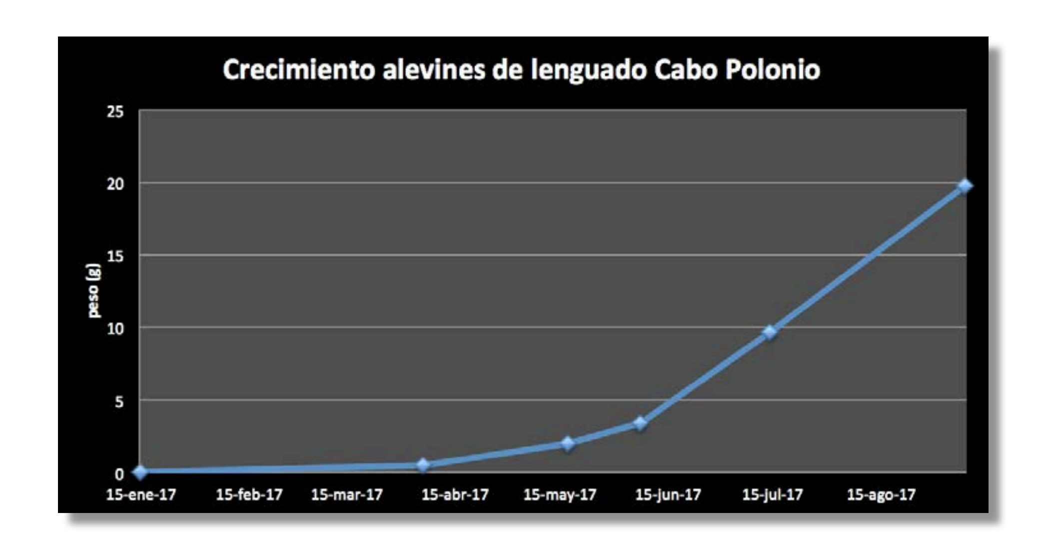
los reproductores para lo que se los utilizaba usualmente.

Así, mientras que el cultivo larvario debe tener lugar en sistemas de circuito abierto debido al uso de alimento vivo, es posible realizar la culminación del alevinaje en circuito cerrado, permitiendo de esa manera un mejor control de las condiciones ambientales y la calidad del agua.

Para *P. orbygianus* hemos ensayado el alevinaje en circuito abierto y cerrado. En ambos casos con tanques de fibra de vidrio grises desde 1000 a 3600 l, obteniendo salvo excepciones mejores supervivencias en circuito cerrado.

Actualmente los peces se conservan en las mismos tanques de policarbonato donde ocurre la metamorfosis de la larva en circuito abierto hasta los 45 o 50 DAH. A esa edad ya están todos completamente metamorfoseados y asentados en el fondo del tanque con una longitud en torno a los 20 o 22 mm y en condiciones de ser transferidos a los sistemas de recirculación en tanques de 3.600 l, donde permanecerán hasta el final del alevinaje, pero siendo reclasificados en varias oportunidades.

En las raciones utilizadas durante el destete y el alevinaje se utilizó “minced” de pescado liofilizado y triturado como fuente de proteínas para alcanzar los niveles necesarios en las raciones. La fuente de lípidos siempre fue aceite de pescado, principalmente de merluza. El contenido de proteínas fue de 66% y el de lípidos un 11%.



IV PRE ENGORDE Y ENGORDE

i Los sistemas de recirculación



Las etapas de pre engorde y engorde en los cultivos de lenguados tradicionalmente han tenido lugar en sistemas de circulación abierta, en tanques de diversos materiales y diversos tamaños, pero con el común denominador de ser tanques relativamente bajos y de fondo plano. Usualmente para el pre engorde y engorde se han popularizado los tanques rectangulares u octogonales (o mejor dicho rectangulares con las esquinas en ochava), de hormigón o eventualmente de fibra de vidrio.

Sin embargo, la acuicultura de recirculación se considera un método muy eficaz para producir peces sin problemas de enfermedades patógenas y fue probado para la producción del lenguado japonés *Paralichthys olivaceus* desde finales de los años

ochenta hasta mediados de los noventa. Ensayos de crecimiento se llevaron a cabo procurando información esencial para el diseño de sistemas cerrados y operación como la temperatura y la salinidad óptimas y la densidad de cultivo adecuada (Kikuchi et al., 2002). Pero la acuicultura de recirculación para lenguados no se popularizó en Japón para las fases de engorde debido a los altos costos iniciales de inversión que en ese momento representaba y que coincidió con la disminución del precio mercado a partir del gran desarrollo coreano. Quedando el uso de sistemas de recirculación limitado a los reproductores y sistemas de producción de alevines para criaderos comerciales.

Sin embargo, estos sistemas de recirculación que estaban hasta hace poco tiempo limitados a los reproductores, en los últimos años y con el abaratamiento de las tecnologías se han venido popularizando en todo el mundo para las etapas de pre engorde y engorde, en función de las ventajas de manejo y menores costes operativos que los sistemas abiertos, a pesar de que implican una mayor inversión inicial (Canavete 2015).

Por otra parte la recirculación de agua contribuye a reducir el impacto ambiental en la medida que los desechos producidos dentro del sistema acuícola son más fáciles de tratar. Además posibilita un mejor control de enfermedades, por el mayor aislamiento del medio, manejando un concepto de bioseguridad, que abarca tanto la protección de los animales en cultivo, como el resguardo del medio ambiente de las enfermedades de estos mismos animales cultivados. El concepto de bioseguridad que conllevan los sistemas de recirculación también apunta a asegurar una garantía de calidad para el consumidor, aspecto en que el sistema de recirculación es superior a un sistema abierto, dado que permite un mayor control de factores ambientales, bióticos y abióticos.

Existe cada vez una tendencia mayor a no usar tratamientos para organismos enfermos e invertir más en infraestructura que impida que los animales se enfermen y una de las principales maneras de hacerlo, es manteniendo la mejor calidad de agua posible y previniendo o reduciendo la presencia de organismos patógenos.



ii Los sistemas de recirculación en Cabo Polonio

La Estación Experimental de Investigaciones Marinas y Acuicultura (EEIMA) de DINARA en Cabo Polonio, cuenta actualmente con trece sistemas experimentales de recirculación.



Cuatro con cuatro cajas de 100 l c/u (16 unidades) para trabajar con alevines.

Cuatro con tres tanques de 300 l c/u (9 unidades) para trabajar con juveniles



Dos con dos tanques de 3600 l c/u (4 unidades) para ensayos de pre engorde



Dos con un tanque de 10.000 l (2 unidades) c/u para ensayos de reproducción

Uno con un tanque de 12.000 l para reproducción en recirculación.

Los mismos están equipados con equipos de UV, decantador con remoción de sólidos, espumador y filtro biológico. Los grandes cuentan con doble circuito de bombeo y los de 10.000 l pueden también calentar el agua.

iii Las experiencias de engorde

En el caso de la Estación de Cabo Polonio, las etapas de alevinaje y pre engorde se han llevado a cabo con éxito en sistemas de recirculación, superando las dificultades que se enfrentaban por la variación de la calidad de agua en los sistemas abiertos y obteniendo datos muy interesantes sobre los tiempo de crecimiento bajo condiciones controladas de salinidad y temperatura.

Estos trabajos se han realizado durante tres temporadas consecutivas y nos han permitido elucidar varias interrogantes respecto a los tiempos de producción.

Las experiencias se realizaron utilizando dos sistemas de recirculación con dos tanques de 3.600 l c/u para el pre engorde (volumen total de cada sistema en torno a 9000l) y dos sistemas de recirculación con un tanque de 10000 l c/u para el engorde (volumen total de cada sistema en torno a 13000 l).

La temperatura se mantuvo entre los 20 y los 22 ºC por acondicionamiento térmico del ambiente y la salinidad entre 29 y 31 gr/l, con recambio diario en torno al 10%, para retirar desechos y mantener los niveles de pH.

La circulación de agua se estableció de forma que el agua en los tanques de cultivo se renovara 2 veces por hora, lo incrementa la tasa de renovación un orden de magnitud respecto a lo que se utiliza para este tipo de peces en los sistemas abiertos.

A los animales se los alimentó a saciedad hasta 6 veces al día según la edad.

iv El pre engorde

Para el caso de trabajos de pre engorde con *Paralichthys orbignyanus*, los antecedentes que existían se remiten a Brasil, donde Sampaio y Bianchini (2002) trabajando con temperaturas de 22ºC obtuvieron tasas de crecimiento específico cercanas al 1% diario, durante los primeros 60 días y de 0,5 % diario en los 30 días siguientes, con peces que fueron de 29 a 65 g.

Para nuestro caso en la EEIMA en Cabo Polonio, el tiempo que se tarda para la obtención de un alevín de 5 gr de esta especie está en el entorno de 150 días y el de 10 gr en 180 DAH, pudiendo ser un poco menor con las puestas más tempranas de la

temporada (GRAFICOS). Las tasas de crecimiento diarias se sitúan en 1,6 % diario hasta los 40 gr y en 1,2 % hasta los 100 gr.

En la gráfica se muestra el crecimiento total del tanque y de las fracciones más rápidas

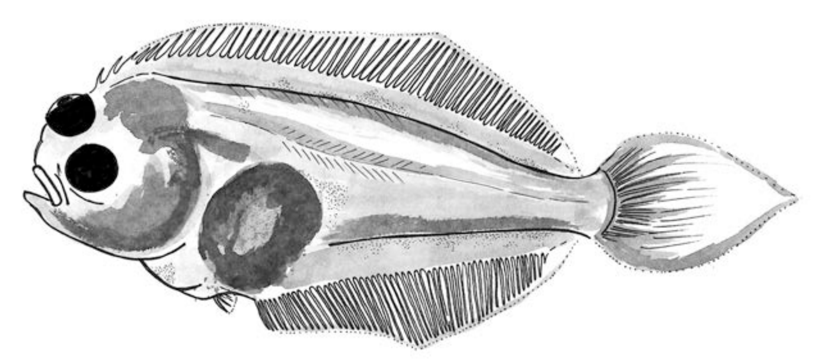


Ilustración: HIroyuki Kinoshita

v El engorde



Para el caso del **engorde**, existía un único antecedente para este lenguado en sistemas de recirculación a partir de la implementación por técnicos japoneses de una unidad de cultivo experimental en Mar del Plata en donde se obtuvieron importantes resultados en los ensayos realizados.

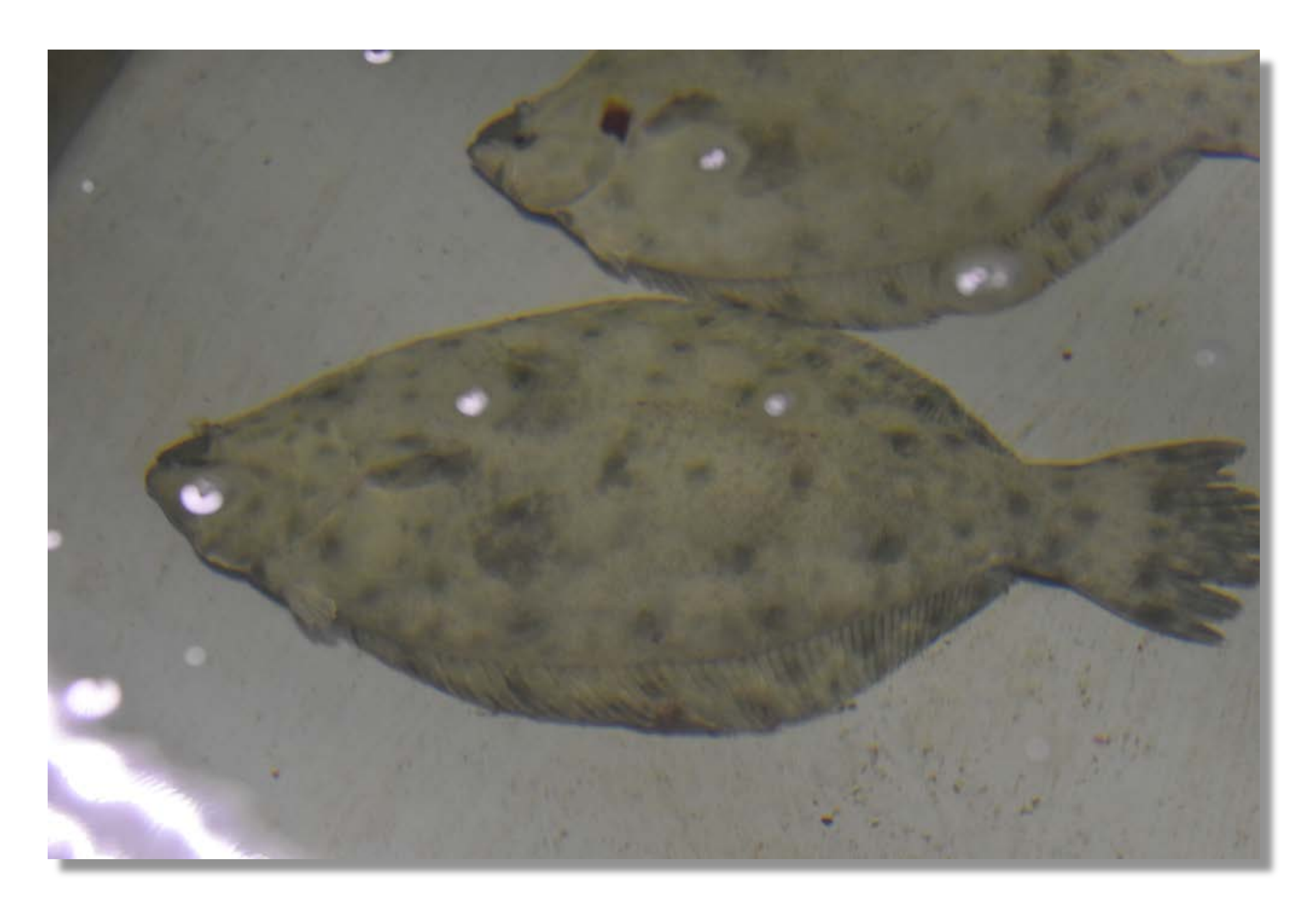
En tal sentido ha circulado alguna comunicación (Muller et al., 2006) mencionando resultados de engorde de alevines desde los 15 g a los 500 g que han implicado entre 11 meses de alimentación con dietas artificiales balanceadas con 55% de proteínas y 8% de lípidos, hasta los 15 meses cuando se utilizó alimento fresco. Alcanzaron densidades al final del engorde en torno de 15 Kg/m^2. Para ello los peces se acondicionan en estanques circulares de 22.000 l alimentando dos veces al día a saciedad. Esto se habría llevado a cabo aplicando el método de selección de tallas y criando sólo los individuos más grandes, pero estos valores no han sido luego refrendados por ninguna publicación.

En Uruguay, para la fase del engorde las raciones utilizadas fueron desarrolladas con formulación propia y fabricadas en la Estación de DINARA en Cabo Polonio a partir de

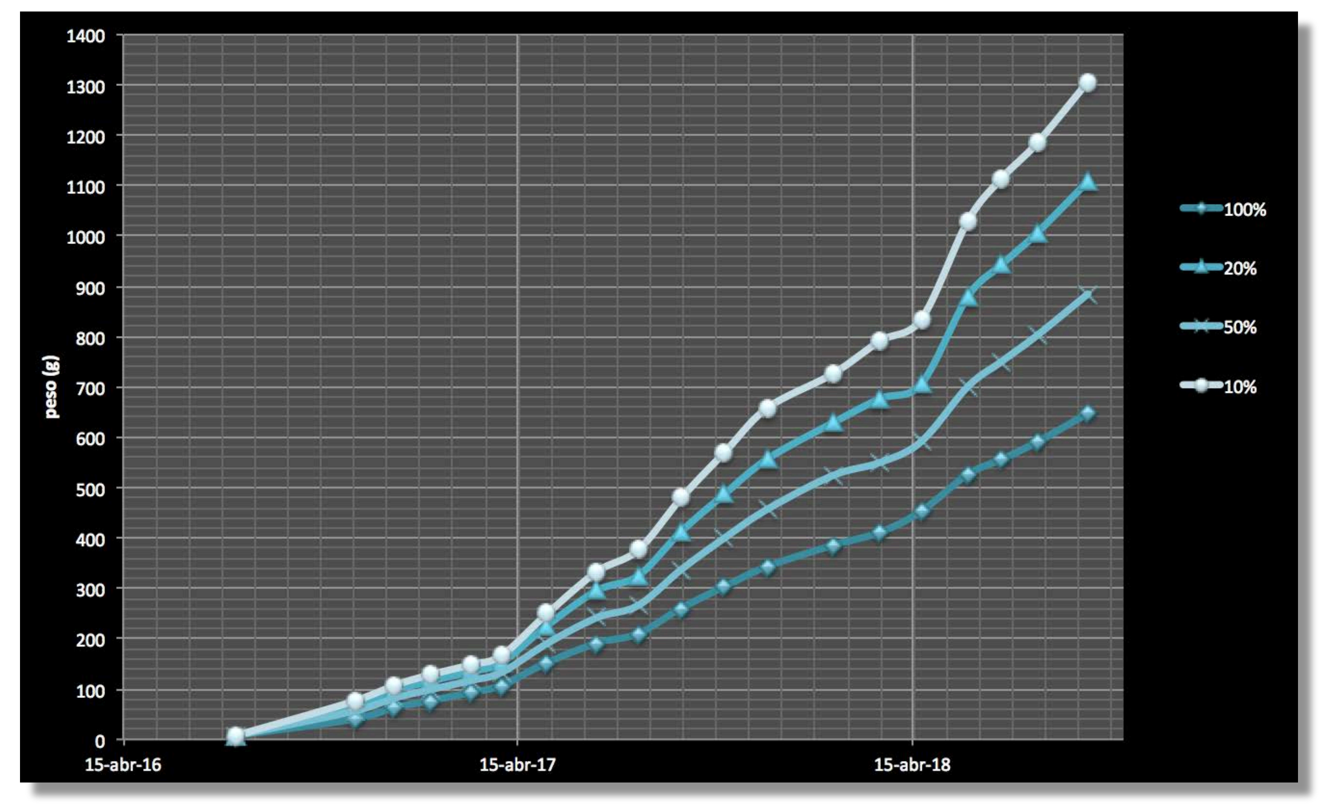
ingredientes locales. La principal diferencia con las que se suelen utilizar en otros países estuvo dada por las harinas de pescado.

Mientras que la industria acuícola en otros sitios suele usar harinas de anchoveta debido a su alto contenido proteico (en torno al 65-70% en harinas peruanas tipo *premium*, las de mejor calidad a nivel mundial) las harinas locales que se utilizaron son hechas a partir de material de descarte de la pesquerías nacionales (cuyo contenido proteico oscila entre el 50 y 55%). Esta diferencia se ve directamente reflejada en la composición de las raciones de engorde, que alcanzarán niveles proteicos en torno a 55 o 60% con las harinas peruanas y en torno 45-49% con las nacionales. Como contraparte el costo de las harinas nacionales es casi tres veces menor que el de las de anchoveta (US$ 575/ton contra US$ 1605/ton, precios de marzo 2018) y no están sujetas a las variaciones de precio que sufre la harina peruana, que ha triplicado su precio en menos de una década.

Las experiencias desarrolladas en la DINARA también se llevaron a cabo en sistemas de recirculación, con temperaturas de cultivo entre 20 y 22 ºC, pero utilizando raciones con un 45% de proteínas y 10% de lípidos y arrojaron los siguientes valores de crecimiento.



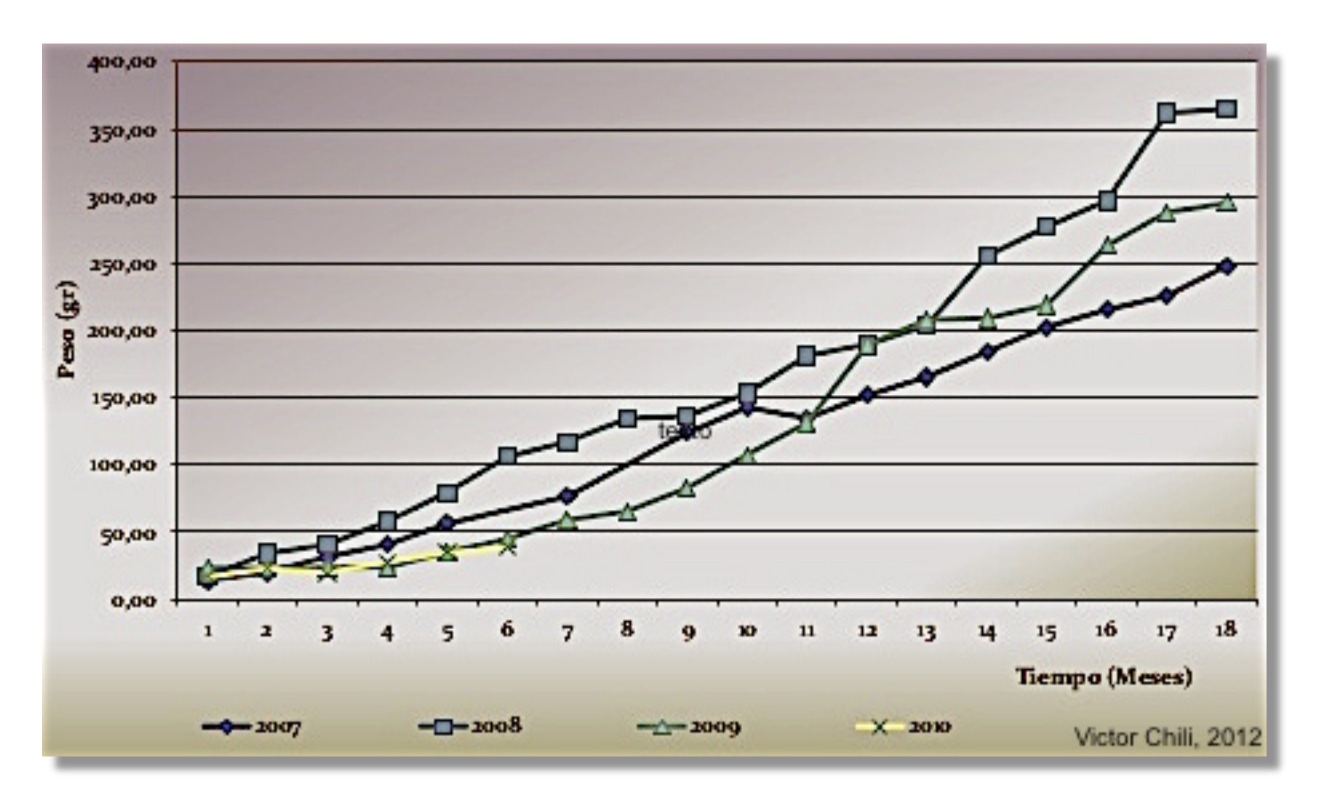
Entre los 100 a 500 g, el Índice de Crecimiento Diario (IGR) se sitúa en torno a 0,89 hasta individuos de 200 g y en 0,63 hasta los 500 g. Las tasas de conversión del alimento para el mismo período variaron entre 1,2 y 1,7.



Crecimiento durante el engorde en Cabo Polonio, se muestran distintos % de la cohorte

El ciclo completo desde los 10 g al tamaño de faena de 500 g implicó un tiempo de 16,5 meses para el 50% de la población y de 20,4 meses para la totalidad del grupo. Esta separación por clases de peso, es importante a los efectos de manejo y también como elementos a considerar en una evaluación económica de rentabilidad, según el costo del alevín, a veces se suele descartar el porcentaje de la población con tasa de crecimiento menor, como forma de mejorar la ecuación económica. Si se aplica el modelo de cultivo con separación clases de tamaño utilizado en Argentina, se observa que el primer 20% de la población alcanza el tamaño de comercialización en 14,4 meses mientras que el 10% necesita solamente 13 meses.

Comparando con otros lenguados en la región, en Chile y Perú el cultivo de *Paralichthys adspersus* alcanza los 600 g en 22 meses de cultivo en sistemas de circulación abierta y con raciones de alto contenido proteico (Chili, et al., 2012)



Crecimiento durante el engorde de *Paralichthys adspersus* en Perú (Chili, 2012)

V EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CULTIVO DEL LENGUADO

Realizar una evaluación económica en un proceso productivo con tantas variables resulta complejo y casi imposible de realizar en abstracto, razón por la cual se debe realizar para cada emprendimiento en particular. Sin embargo es posible a grandes rasgos definir las variables que afectan los costos de la producción del lenguado y acotarlas como para poder realizar algunas proyecciones que permitan echar luz sobre la viabilidad de su cultivo bajo determinadas condiciones.

Suponiendo un modelo de producción como el que tradicionalmente se utiliza en otros países para la producción de lenguado, donde las empresas adquieren los alevines para el engorde, un análisis simplificado de los principales componentes involucrados en el proceso productivo nos permite identificar algunos elementos cuya sumatoria constituye el costo de producción, al que adicionándole el costo de comercialización nos da una referencia del precio con el que el producto final llega al mercado.

Para realizar el engorde es necesario disponer de los peces (alevines), las instalaciones adecuadas con el equipamiento necesario, raciones balanceadas, algunos consumibles (filtros, etc), energía eléctrica y personal con cierto grado de capacitación.

La producción se podría encuadrar en una función genérica con las siguientes características:

$X = f\,(v_1, v_2, v_3, v_4, k)$

Donde X sería el volumen producido (kg) y v_i la tasa de utilización de cada factor productivo (costos variables) y k representaría la infraestructura (costo fijo). Para nuestro caso v_1 podrían ser los alevines, v_2 el alimento, v_3 la mano de obra, v_4 consumibles varios (filtros, etc) y v_5 la energía eléctrica, mientras k incluiría la infraestructura edilicia y sus instalaciones de cultivo, costo fijo con diferente depreciación.

De esta forma, una función de producción que incluye costos operativos y de depreciación de instalaciones, permite observar como variaría la producción con diferentes combinaciones de factores productivos.

Para calcular el costo de cada factor i para una producción determinada se debe estimar el precio de la cantidad de cada uno necesaria para el tiempo que dure la producción. Tendremos así factores como la adquisición de alevines o la cantidad de alimento que tendrán un costo fijo independiente del

tiempo que dure la producción y otros que tendrán un costo variable, dependiente del tiempo, como la energía o la mano de obra.

El factor k surge de la depreciación de los bienes de capital como la infraestructura edilicia y el equipamiento (tanques, bombas, etc), cuya duración es mayor a un período de producción, pero que su costo se debe distribuir a través de su vida útil, con la finalidad de generar los recursos para su reposición y una ecuación sencilla para calcular el valor que agrega al costo del producto final sería:

(Costo del equipamiento/tiempo de vida útil) x tiempo de uso en ciclo productivo

A su vez, es posible agrupar estos elementos en tres grupos y luego discutir el peso relativo de cada uno de ellos en el precio del producto final, considerando las alternativas para abaratarlos y las principales variables que influyen sobre los mismos. Esos tres elementos son, el costo de los alevines, la depreciación de las instalaciones y los costos operativos (que agrupa los costos variables de producción y gastos de administrativos).

El costo de los alevines no es posible fijarlo en Uruguay, ni en la región porque no se están produciendo de forma comercial (solo experimental), pero es posible hacer una estimación en función del precio internacional para este tipo de peces, (otros *Paralichthys* que se comercializan en Chile y Perú).

Como se observa, en función de la cantidad y diversidad de variables que inciden en el costo de producción, no es posible hacer un cálculo preciso del mismo para la producción de un determinado volumen de peces, si no es en un momento del tiempo y para un caso concreto, ya que variables como el emplazamiento de la planta y la calidad de la infraestructura edilicia y los equipamientos (los bienes de capital a ser depreciados), pueden variar en más en un orden de magnitud afectando sensiblemente los costos de producción.

Sin embargo los costos de producción inmediatos para un ciclo productivo en Uruguay, (los costos operativos sin incluir la depreciación de capital), son plausibles de ser estimados de forma genérica a partir de la información sobre el cultivo generada en la EEIMA. A su vez, el peso relativo de la depreciación de los bienes de capital es posible en función de la experiencia de cultivo de este tipo de peces en otros, ubicar dentro de que márgenes se debería mover.

Al comparar la distribución de los gastos variables en tres cultivos de la región se observa lo siguiente: (Sedem, 2010)

	Rodaballo en Chile	Rodaballo en Perú	*P. orbignyanus* en Arg.
Alevines	27%	64%	15%
Alimentación	37%	30%	48%
Mano de Obra Directa	28%	3%	35%
Energía y otros	8%	3%	2%
TOTAL	100%	100%	100%

(Sedem, 2010)

Y cuando se incluyen los costos fijos provenientes de la depreciación de la infraestructura se obtienen los siguientes valores,

	Rodaballo en Chile	Rodaballo en Perú	*P. orbignyanus* en Arg.
Alevines	22%	54%	11%
Alimentación	31%	26%	36%
Mano de Obra Directa	23%	3%	26%
Energía y otros	7%	3%	2%
COSTOS FIJOS	17%	15%	25%
TOTAL	100%	100%	100%

Analizando la distribución de costos en otras especies de este género fuera de Latinoamérica, podemos mencionar que en el caso del lenguado japonés (*Paralichthys olivaceus*) cultivado en Japón el análisis de la distribución de costos arrojó que la depreciación de la instalación de producción, alimentación y alevines representaban el 23, 15 y 10% del precio total de venta de pescado, respectivamente, considerando un 13% de ganancia, siendo el 29% el resto del gasto variable. En tanto el punto de equilibrio que determinaba la rentabilidad quedaba dado por el precio de mercado y la supervivencia que para su caso debía ser superior al 65% para ser rentable (Seikai et al., 2010). En este caso el alto costo operativo terminó motivando que el grueso de la producción de esta especie terminara teniendo lugar en Corea, con una producción al

2016 de 46,4 mil ton/año contra 2,3 mil ton/año de Japón (Datos Infopesca).

Podemos observar entonces, que si dejamos de lado el caso de Perú, que debe importar los alevines, (pero lo compensa con costos muy bajos de manos de obra directa) el factor que más afecta los costes de producción en la región es el costo del alimento.

Podemos entonces considerar, que teniendo tiempos de producción similares (en torno a 20 – 22 meses para obtener peces de 500g), a los de los países de la región, si se logra que la inversión en infraestructura (costos fijos por depreciación) no se refleje en el costo del producto final en más de un 20 o 25 %, y asumiendo que el costo de producción de alevines será similar al de Argentina (por las características de la especie y las facilidades de cultivo usadas) la obtención de un producto competitivo será una función de los costos derivados de la mano de obra directa y de los costos de alimentación.

De esas dos variables la alimentación es la más importante, pues la que más incidencia tiene en el costo del producto final (alrededor de la tercera parte) y es allí precisamente donde las experiencias llevadas a cabo en Uruguay presentan una importante ventaja competitiva, pues la diferencia en el costo de las harinas locales contra las peruanas, nos llevan a un precio final de la ración sensiblemente inferior a los de la región, que nos permiten ser optimistas respecto a la viabilidad económica del cultivo

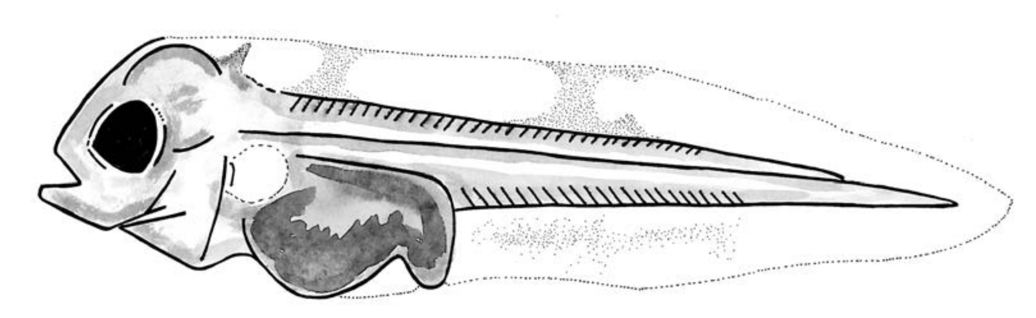


Ilustración: HIroyuki Kinoshita

VI MARCO NORMATIVO EN URUGUAY

Por último además de los factores técnicos y económicos, lo necesario para el desarrollo de la actividad es contar con una marco normativo adecuado, algo que la DINARA se ha preocupado por impulsar a lo largo de los últimos años, disponiendo actualmente de una normativa moderna que busca facilitar la expansión de la actividad.

Desde el año 2008 el país cuenta con una Política Nacional y Estrategia General para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible como instrumentos centrales para favorecer el desarrollo del Sector. En este sentido, una de las acciones principales fue generar un marco jurídico a través de la promulgación de la Ley 19.175 de 20 de diciembre de 2013 y su Decreto Reglamentario 115/18 de 24 de abril de 2018 los que contienen Capítulos y Artículos específicos inherentes a la Acuicultura. Estos instrumentos permiten el ordenamiento, control y fomento de la actividad a nivel Nacional. Por otra parte, mediante la reciente Ley 19.402 de 17 de junio de 2016 se contempla la inclusión de la acuicultura para acceder a beneficios impositivos al ser considerada actividad agropecuaria. El Decreto 259/996 (vigente al presente) declara la actividad acuícola de Interés Nacional en todas sus formas, etapas y especies y establece incluir en los beneficios señalados en el Decreto Ley 14.178 de 28 de marzo de 1974 (Promoción Industrial), aquellos Proyectos de Inversión presentados por empresas interesadas y hallan sido declarados promovidos por el Poder Ejecutivo. De la misma forma la Ley 16.906 de 7 de enero de 1998, de Promoción y Protección de Inversiones establece, entre otros, estímulos para la inversión a partir de beneficios fiscales.



VII SUMARIO

i Las metas alcanzadas y los nuevos desafíos

En términos de desarrollo de la tecnología de cultivo de la especie a nivel local, se ha cumplido con las etapas planificadas y superado varios desafíos importantes.

Las **etapas planificadas y alcanzadas** han sido; la construcción y equipamiento de una estación con capacidades acordes para los requerimientos de investigación con organismos marinos que sustentan este desarrollo tecnológico; la conformación de un stock reproductor; la obtención de puestas, controlar el desarrollo larvario, el alevinaje y alcanzar el engorde en sistemas de recirculación hasta la obtención de ejemplares de más de 1 kg.

Los **desafíos superados**:

- El mantener funcional el stock reproductor en cautividad a lo largo de los años con puestas a lo largo de toda la estación reproductiva;
- La obtención de puestas naturales sin inducción hormonal;
- El destete y control de la mortalidad desde la etapa larvaria hasta el alevinaje;
- La obtención de alevines con raciones desarrolladas en la Estación, basadas en insumos locales en las mismas condiciones y tiempo que utilizando raciones importadas de Japón.
- El llevar adelante un lote entero de alevines a través del pre-engorde y engorde hasta el producto final con raciones producidas localmente, en un tiempo razonable y con índices de crecimiento y tasas de conversión, que sugieren que muy probablemente el cultivo de la especie puede ser económicamente viable.

Las **nuevas metas:**

A partir de haber logrado cerrar el ciclo de producción de este lenguado, desde la reproducción hasta el producto final y contar con un paquete tecnológico a partir del cual es posible llevar esta producción adelante, se abre un espacio de trabajo en el cual avanzar hacia mejoras en los sistemas de cultivo que redunden en una mayor rentabilidad, basados en modelos de cultivo ecológica y económicamente sustentables.

En primer lugar está el tema del medio en el que realizar el cultivo, salobre en lugar de agua de mar, ya que es una especie que en la naturaleza realiza migraciones en esos

ambientes. En este sentido ya hemos avanzado demostrando que es posible desarrollarlo en ambientes estuarinos y lo siguiente que hay que trabajar es identificando las salinidades óptimas para cada etapa de desarrollo. Esto influye directamente los costos de producción en la medida que abarata el costo de la ubicación de las instalaciones al alejarse de la línea de mar, además que requiere facilidades menos costosas para la parte operativa, sobre todo en lo concerniente a tomas de agua y desagües.

En segundo lugar están los requerimientos nutricionales en esos ambientes, que difieren de los que presenta la especie en el medio marino y en los que se abre todo un abanico de posibilidades de sustitución de ingredientes de las raciones de origen marino animal, por ingredientes de origen terrestre y vegetal, que influiría sensiblemente abaratando los costos de las raciones y la sustentabilidad del cultivo en si mismo.

ii Las perspectivas de futuro para el cultivo de la especie

Una vez establecido que es posible obtener ejemplares de 500g en un entorno de 20 meses y con raciones basadas en insumos locales de costo sensiblemente inferior a los importados, es posible mirar con optimismo el futuro de la acuicultura de la especie en el país.

A los datos presentados, se suman también otras facetas interesantes de esta especie que están surgiendo de los trabajos de investigación, como ser la posibilidad de cultivar los peces en agua salobre, algo que puede resultar particularmente atractivo por un tema de disminución de costos operativos.

Las tasas de crecimiento y conversión de alimento que hace unos años resultaban en agua salobre ligeramente inferiores al agua de mar (Sampaio y Bianchini 2002; Bessonart et al, 2012), las hemos logrado mejorar al punto que en la etapa de pre engorde estamos obteniendo mejores resultados en agua salobre que en agua de mar.

Actualmente se trabaja en optimizar las condiciones de cultivo y se continúa investigando en las raciones para disminuir la inclusión de aceites de pescado en las mismas sin perder calidad desde el punto de vista nutricional.

Los lenguados presentan una dispersión de tallas muy importante a lo largo de todo el ciclo productivo, lo que lleva a la necesidad de reclasificar los peces periódicamente.

Esto conlleva ventajas e inconvenientes. Los inconvenientes naturalmente tienen que ver con lo operativo, incremento de mano de obra e interrupción en la alimentación, a la vez que complejiza la planificación de la producción. Como contraparte, ese dinamismo tiene la ventaja de permitir atender una demanda mediante cosechas parciales a partir de una misma cohorte, durante períodos de varios meses.

Por otra parte los aspectos nutricionales tienen también una influencia directa en las respuestas de crecimiento. Mientras mayor el contenido de proteína de las raciones, mejor es la tasa de conversión del alimento y mayor la velocidad de crecimiento. Claro que a su vez los insumos incrementan sensiblemente el costo de la ración y a menudo presentan problemas de disponibilidad.

iii Reflexiones finales

En este escenario podemos considerar que la estrategia adoptada para desarrollar el cultivo de especies marinas en Uruguay y la elección del lenguado como especie para llevarla adelante ha resultado exitosa.

Además podemos afirmar que la opción escogida de desarrollar la tecnología de cultivo basada en insumos disponibles a nivel local o en la región, que permita planificar una producción con cierto margen de seguridad, también ha resultado acertada en función de los resultados de crecimiento obtenidos y las posibilidades que se abren de establecer una industria competitiva basada en los mismos.

VIII REFERENCIAS

Bambill G.A., Oka M., Radoni M., López A.V.,Müller M.I., Boccanfuso J.J. & F.A. Bianca., 2006. Broodstock management and induced spawning of wild black Argentine flounder *Paralichthys orbignyanus* under closed recirculated system. Rev Biol Mar Oceanogr. 41, 45-55

Bessonart, M.; Magnone, L.; Féola, F; Salhi, M. 2012Influencia de la salinidad en el crecimiento de alevines de Paralichthys orbignyanus , Actas del 2º Congreso Uruguayo de Zoología ,

Bessonart, M.; Salhi, M.; Magnone, L.; Féola, F; Gadea, J. 2011 Desarrollo de microdietas para larvas de Paralichthys orbignyanus , III Conferencia Latinoamericana cultivo de Peces Nativos , Lavras MG

Bessonart, M.; Salhi M. 2010. Cultivo del lenguado Paralichthys orbignyanus en Uruguay. Agrociencia, 14(3): 240 – 241.

Bustos, G. 2015. Estudio de factibilidad técnico y económico para la producción de lenguado chileno formato tipo pan size en la región del Biobío. Tesis Ingeniería civil, Universidad Católica de Concepción, Chile 116pp.

Canavete, J.P. 2015. Evolución y últimos avances en el cultivo del lenguado en Europa: Foro Rec. Mar. Ac. Rías Gal. 18: 47-51.

Chili, V., Pino, J.; Rodríguez, L. Ticona, F. 2015. Manual "Cultivo del Lenguado", FONDEPES, Morro Sama. Tacna. 74pp.

Díaz de Astarloa, J.M. y Munroe, T.A., 1998. Systematics, distribution and ecology of comercially important paralichthyid flounders ocurring in Argentinean-Uruguayan waters an overview. J. Sea Res., 39: 1-9.

Díaz de Astarloa, J. M . 2002. The flatfish fisheries on both sides of the south Atlantic Ocean. *Thalassas* **18**:67–82.

Féola, F. 2009. Avances en la investigación de la reproducción del lenguado *Paralichthys orbignyanus* en la costa uruguaya. Caracterización histológica del ovario. Tesis de grado de la Licenciatura en Biologia. Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay. 41pp.

Gadea, J 2011. Caracterización de la maduración gonadal de Paralichthys orbignyanus (Valenciennes, 1842) y Paralichthys patagonicus (Jordan, 1989) desde el punto de vista lipídico. Tesis de licenciatura Ciencias Biológicas

Gadea, J.; Bessonart, M.; Magnone, L.; Féola, F y M. Salhi 2015. Life history traits influence in gonad composition of two sympatric species of flatfish. Brazilian Journal of Oceanography, v.: 63 3, p.: 171 – 180.

Kinoshita, H.; Bessonart, M.; Gadea, J.; Magnone, L.; Féola, F & M. Salhi 2009.. Desarrollo morfológico del huevo y la larva del lenguado *Paralichthys orbignyanus*. Boletín del Instituto de Investigaciones Pesqueras, 27: 66-69.

Magnone, L, Bessonart, M., Gadea, J y M. Salhi 2015a Trophic relationships in an estuarine environment: A quantitative fatty acid analysis signature approach Estuarine, Coastal and Shelf Science, Volume 166, Part A: 24-33.

Magnone L, Bessonart M, Rocamora M, Gadea J, Salhi M. 2015. Diet estimation of *Paralichthys orbignyanus* in a coastal lagoon via quantitative fatty acid signature analysis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 462: 36-49

Müller, M.I., Radónic, M., López, A.V., Bambill, G., Oka, M., Odai, M. Boccanfusso, J.J., Bianca, F.A. & M. Cadaveira 2006 Engorde a altas densidades del lenguado Paralichthys orbignianus (Valenciennes, 1839) en Argentina. Iª Conferencia Latino Americana y IIIª Conferencia Mexicana sobre el Cultivo de Especies Nativas Morelia, Michoacán, México, del 18 al 20 de octubre del 2006

Müller, M.I., Radónic, M., López, A.V. & G. Bambill. 2006 Crecimiento y rendimiento de la carne del lenguado *Paralichthys orbignyanus* VI Congreso Latinoamericano virtual de Acuicultura CIVA (http://www.civa2006.org), Dic. 6, 2006–Ene 15, 2007, España.267-273.

Ross, L. & B. Ross, 2008 Anesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals. 3er ed. J. Willey & Sons Eds. 240Pp

Salhi, M.; Bessonart, M.; Gadea, J.; Kinoshita, H.; Magnone, L; Dieguez, J 2009. Partial substitution of rotifers by microdiets for feeding *Paralichthys orbignyanus* larvae. In: 2ª Conferencia Latinoamericana sobre Cultivo de Peces Nativos, Chascomús - Argentina Libro de Resúmenes.

Salhi, M.; M.; Bessonart, M., Féola, F; Takatsuka, M; Gadea J. 2010a. Efecto de la relación DHA/EPA en microdietas sobre el crecimiento y supervivencia de larvas de Paralichthys orbignyanus. Actas del I Congreso Uruguayo de Zoología.

Salhi, M., Feola, F. , Magnone, L., Gadea, J. & Bessonart, M. 2010b, Cultivo de Paralichthys orbignyanus en Uruguay: alimentación y nutrición de larvas. Taller Regional "Situación y Perspectivas del Cultivo de Peces Planos en América del Sur".

Sampaio, L.A.; R.B. Robaldo, L.R. Louzada, A. Bianchini. 2003. Natural spawning and larviculture of Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus*. World Aquaculture , Salvador.

Sampaio, L. & A. Bianchini, 2002. Salinity effects on osmorregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 269: 187-196.

Sedem 2010. Posibilidades económicas del cultivo del lenguado Paralichthys orbignyanus tesis Licenciatura en Economía, Universidad Nacional de Mar del Plata, 55pp.

Seikai, T.; Kikuchi, K & Y.Fujinami, 2010 Culture of Japanese flounder. In: Daniels H.V. & W.O. Watanabe (eds) Practical Flatfish Culture and Stock Enhancement. Blackwell Publishing, Iowa, pp. 143-156.

Silveira, M.P.M.; J.B. Cousin, e M. Haimovici. 1995. Estrutura ovárica e testicular do linguado Paralichthys orbignyanus (Valenciennes, 1839). Atlântica 17: 135-152.

Sladky, K.; Swanson, R., Stoskopf, M.K., Loomis, M. R. & G. A. Lewbart, 2001. Comparative efficacy of tricaine methanesulfonate and clove oil for use as anesthetics in red pacu (*Piaractus brachypomus*) AJVR, 62 (3) 337-342.

Smith T.I.J.; McVey D.C.; Jenkins W.E.; Denson M.R.; Heyward L.D.; Sullivan C.V.; Berlinsky D.L. 1999. Broodstock management and spawning of southern flounder, *Paralichthys lethostigma* Aquaculture, Volume 176, 87-99.

Robaldo, RB. 2003. Estudo comparativo da reprodução do linguado Paralichthys orbignyanus (Valenciennes, 1839) no ambiente e em cativeiro. Tese de Doutorado. Fundação Federal do Rio Grande, Brasil, 190 pp.

Wasielesky, Jr., W., Miranda, K. & Bianchini, A., 1995. Tolerancia do linguado *Paralichthys orbignyanus* a salinidade. Braz. Arch. Biol. Technol., 38: 385-395.

Wasielesky, Jr., W., Bianchini, A., Santos, M. & Poersch, L., 1997. Tolerance of juvenile flatfish Paralichthys orbignyanus to acid stress. J. World Aquacult. Soc., 28: 202-204.
: 202-204.